



Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner

Jonas Bredberg

Arbetsrapport 12 1996



Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på MoDo:s indelningsrutiner

Jonas Bredberg

Arbetsrapport 12 1996

Examensarbete i skogsuppskattning och skogsindelning

Handledare: Ljusk Ola Eriksson

Förord

Detta examensarbete ingår som ett obligatoriskt delmoment i jägmästarutbildningen på Sveriges Lantbruksuniversitet. Arbetet omfattar tio poäng och har utförts på uppdrag av Ingmar Östman på MoDo Skog, Skogsvårdsavdelningen.

Handledare för examensarbetet var professor Ljusk-Ola Eriksson vid institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Han har på ett värdefullt sätt bistått med vägledning och idéer angående arbetets uppläggning och genomförande.

Skog dr Göran Ståhl har under arbetets gång bidragit med goda råd kring den statistiska bearbetningen av materialet.

Ingmar Östman och Stellan Torshage på MoDo har välvilligt ställt inventeringsdata till förfogande och även i övrigt varit till mycket stor hjälp.

Ett stort tack till ovan nämnda personer

Örnsköldsvik, mars 1996

A handwritten signature in black ink, reading "Jonas Bredberg". The signature is written in a cursive, flowing style.

Jonas Bredberg

Sammanfattning

Inom MoDo Skog AB pågår för närvarande en nyindelning av skogsmarksinnehavet på ca 680 000 ha i norra Sverige. Nyindelningen, vilken beräknas vara avslutad 1998, genomförs i tre steg. Inledningsvis utförs en förtolkning med hjälp av flygbilder och avancerade stereoinstrument. Därefter görs en subjektiv fältkontroll av samtliga bestånd äldre än 30 år och slutligen en objektiv kontrolltaxering av 2-5 % av antalet bestånd. En nyindelning av detta slag är mycket kostsam och tidsödande. Samtidigt som man önskar hålla nere kostnader och tidsåtgång är det även av stor vikt att de erhållna skattningarna uppfyller de precisionskrav man ställer.

I detta examensarbete studeras olika möjligheter för MoDo att effektivisera inventeringsförfarandet. Störst vikt har lagts vid studier av möjligheterna att vid fältkontrollen skatta beståndsåldern med funktioner istället för genom borring. För att kunna avgöra om någon variabel bestäms med så pass hög precision vid förtolkningen att den ej behöver skattas vid fältkontrollen jämfördes slumpmässiga och systematiska fel hos data från de båda inventeringsfasererna. Dessutom studerades förutsättningarna för att öka precisionen genom att ur förtolkade och fältkontrollerade värden bilda kombinationsestimat.

Resultaten visar att precisionen vid åldersbestämning med funktioner totalt sett är likvärdig med den precision man idag erhåller vid fältkontrollen. Nackdelen med funktionerna är att dessa uppvisar en tydlig dragning mot mitten, d v s överskattning av låga sanna åldrar och underskattning av höga. Att höga åldrar underskattas är av mindre betydelse. Viktigare är att kunna skatta åldern hos de yngre bestånden med hög precision, vilket fältkontrollen men ej funktionerna gör. Åldersbestämning med funktioner medför bl a en åldersklassfördelning med en koncentration av bestånd till de mellersta åldersklasserna samt att tillväxten underskattas. Dessa konsekvenser är ett resultat av funktionernas dragning mot mitten.

De största skillnaderna mellan verklig och predikterad ålder erhöles för de äldsta bestånden. Genom att stryka de äldre bestånden ur materialet och istället borra dessa, skulle en bättre anpassning till de yngsta bestånden erhållas. Ett alternativ vore att ta fram skilda funktioner för äldre och yngre bestånd eller att införa en dummy-variabel med värdet noll och ett för bestånd yngre respektive äldre än exempelvis 100 år. Nackdelen med dessa förfaringssätt är att borring i många fall krävs för att kunna avgöra om ett visst bestånd ligger över eller under den åldersgräns man fastställt.

Studien av slumpmässiga och systematiska fel visar att kvaliteten i förtolkningens skattningar överlag är klart sämre än fältkontrollens. En förbättring av precisionen i flygbildstolkade värden skulle säkerligen erhållas om uppdelning på enskilda flygbildstolkare gjordes. Om vissa bildtolkare tenderar att överskatta medan andra underskattar sanna värden kommer en stor del av dessa systematiska fel att klassas som slumpmässiga då skilda bildtolkares värden slås samman. I denna studie överskattas med andra ord slumpfelen medan de systematiska felen underskattas.

För att på ett riktigt sätt kunna avgöra om funktioner ska användas vid åldersbestämning och om fältkontroll av någon variabel bör utelämnas krävs en ingående kostnadsanalys. Härvid måste vinsten i form av sänkta inventeringskostnader ställas i relation till kostnaden för pre-

cisionsförsämringen. Kostnaden för försämringen i precision utgörs av förväntad förlust till följd av att felaktiga beslut fattas.

För att effektiva kombinationsestimat ska kunna bildas krävs att de ingående datakällornas varianser är ungefär lika stora. Dessutom bör korrelationen mellan datakällornas slumpfel vara låg. Då studien av slumpmässiga och systematiska fel visade att precisionen i förtolkningens värden var betydlig sämre än fältkontrollens, var förutsättningarna för att erhålla goda kombinationsestimat små. Dessutom är skattningarna från de båda inventeringsfaserna ej oberoende i och med att man vid fältkontrollen har med sig förtolkade värden på samtliga variabler utom medelålder och ståndortsindex. Eftersom förrättningsmännen ofta väger in resultaten av förtolkningen i sina skattningar används redan idag en informell form av kombinationsestimat. För flertalet variabler visade det sig även att förtjänsten av att bilda kombinationsestimat var marginell. Bäst resultat erhöles för medelålder och ståndortsindex vilka också var de variabler som uppvisade lägst slumpfelsskorrelation. Detta är säkerligen ett resultat av att fältkontrollens förrättningsmän ej har med sig förtolkade värden på dessa variabler. En möjlighet att erhålla bättre kombinationsestimat kan därför vara att ej låta förrättningsmännen ha tillgång till förtolkade värden. Det är dock tänkbart att dagens informella kombinationsestimat är de bästa.

Summary

At present MoDo Skog AB is carrying out an inventory of its forest possessions of 680 000 hectares in northern Sweden. The inventory, which is planned to be completed during 1998, consists of three phases. To begin with, an aerial photo interpretation is done. After that follows a subjective field control of all stands older than 30 years. Finally an objective sample plot survey of 2-5 % of the stands is accomplished. This kind of inventory is very expensive and time-consuming. At the same time as MoDo wants reduce the inventory costs, it is of importance that the estimates meet the demands for precision.

The aim of this study is to examine different possibilities for MoDo to make the inventory procedure more effective. Focus was put on the possibilities of estimating the age of stands by regression functions, rather than boring for age during the field control. The systematic and random errors in data from field control and aerial photo interpretation were compared in order to decide if any field-control measurements could be omitted. Furthermore, the possibilities for achieving improved precision by creating combined estimates from field control data and aerial photo interpretation were studied.

The results show that the determination of stand ages by using functions, generally can be done with similar precision as by boring at the field control. The disadvantage by using functions is that they show a clear tendency to overestimate low true ages, whereas high true ages are underestimated. Underestimation of high ages is of little consequence. More important is to measure the ages of young stands with high precision, which the field control does but the functions don't. Functions estimates lead to an age class distribution with a concentration of stands at the central age classes and to an underestimation of the growth. These consequences are results of the above mentioned over- and underestimations.

The differences between true and predicted values were greatest for the oldest stands. By not including the old stands in the regression model, a better adjustment to the young stands would be achieved. The age of old stands could instead be determined through boring. An alternative is to create different functions for young and old stands or to add a dummy-variable with the value zero for younger stands and the value one for stands older than for example 100 years. The disadvantage of these methods is that boring often would be necessary to be able to determine whether the stand is older or younger than the limit chosen.

The study of systematic and random errors shows that the estimates from the aerial photo interpretation are of considerably lower precision than estimates from the field control. An improved precision would certainly be achieved if individual interpreters were distinguished. If some interpreters tend to overestimate, while others underestimate true values, a great deal of these systematic errors will be classified as random, when all interpreters are analyzed together. Accordingly, the random errors in this study are overestimated, whereas the systematic errors are underestimated.

To be able to make a correct decision on the choice of functions or boring for age determination, or exclusion of any field control measurements, a thorough costs analysis is required. The savings in form of reduced inventory costs must be related to the cost due to decreased

precision. This cost consists of expected loss related to poor decisions based on inaccurate data.

Combined estimates are effective when the sources of data have approximately the same precision. Further they should have uncorrelated random errors. Since the study of random and systematic errors showed that the estimates from the aerial photo interpretation were of considerably lower precision than estimates from the field control, the chances of making useful combined estimates were small. Furthermore, the estimates from the two inventory phases are not independent, since the surveyors at the field control have access to interpreted values of all variables except age and site index. As the surveyors often take the interpretation results into consideration when making their estimates, an informal form of combined estimates is already used. Accordingly, the usefulness of combined estimates turned out to be limited for most of the variables. Best results were achieved for age and site index, which also had the lowest correlation between the random errors. This is certainly a consequence of the fact that the surveyors don't have access to the interpretation results for these variables. Better combined estimates can therefore perhaps be achieved if the surveyors don't have access to values from the aerial photo interpretation. It is however possible that the informal combined estimates which are used today are the best.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Syfte.....	2
2. Material och metoder.....	3
2.1. Materialet.....	3
2.2. Metoder.....	4
2.2.1. Utvärdering av funktioner för åldersbestämning.....	5
2.2.2. Framtagning av nya åldersfunktioner.....	5
2.2.3. Åldersbestämning utifrån övre höjd och ståndortsindex.....	6
2.2.4. Konsekvenser av åldersbestämning med funktioner.....	7
2.2.5. Kvalitet i data från förtolkning och fältkontroll.....	7
2.2.6. Kombinationsestimat ur förtolkat och fältkontrollerat data.....	9
3. Resultat.....	13
3.1. Funktioner för åldersbestämning.....	13
3.1.1. Framtagning av nya funktioner.....	13
3.1.2. Jämförelse av olika metoder för åldersbestämning.....	14
3.1.3. Konsekvenser av försämrad åldersbestämning.....	20
3.2. Systematiska och slumpmässiga fel vid förtolkning och fältkontroll.....	21
3.3. Kombinationsestimat.....	27
4. Diskussion.....	29
Referenser.....	31
Bilagor.....	32

1. Inledning

1.1 Bakgrund

MoDo Skog AB påbörjade sommaren 1995 en nyindelning av sitt skogsmarksinnehav i norra Sverige. Detta innehav uppgår till ca 680 000 ha och arbetet beräknas vara avslutat hösten 1998. Syftet är att skapa ett bra underlag för långsiktig planering av skogsbruket. Inventeringen genomförs i tre steg.

Inledningsvis utförs en *förtolkning* med hjälp av flygbilder och avancerade stereoinstrument. Förutom beståndsavfattning, arealmätning och avgränsning av tänkbara småbiotoper ingår i förtolkningen även skattning av beståndets medelhöjd, trädslagsblandning, lutning, och slutenhet. Utifrån dessa värden beräknas volym, grundyta och medeldiameter med hjälp av funktioner. På försök skattas även ståndortsindex och ålder. För bestånd yngre än 30 år görs dock endast en beståndsavfattning

Efter förtolkningen genomförs en *fältkontroll* av samtliga bestånd äldre än 30 år. Vid denna kontrolleras beståndsavfattningen och de skattningar av beståndsvariabler som utfördes vid förtolkningen. Subjektivt utlagda provytor ligger till grund för bestämning av grundyta, medeldiameter, trädslagsblandning och stamantal. Utifrån mätningar på 3 - 6 träd bestäms beståndets medelålder och medelhöjd. Beståndets volym skattas med grundyta och medelhöjd som ingående variabler. Dessutom fastställs ståndortsindex, vegetationstyp, markfuktighet, jordart m fl beskrivande beståndsuppgifter. I fältkontrollen ingår även markering av eventuella nyckelbiotoper.

Avslutningsvis utförs en *kontrolltaxering* av 2 - 5 % av antalet avdelningar för kontroll och eventuellt kalibrering av förtolkade och fältkontrollerade värden. Denna är en objektiv cirkelyteinventering med 6 - 12 provytor per avdelning utlagda i kvadratiska förband. På provytorna, vars radie är 5, 7 eller 10 meter, klavas samtliga träd grövre än 5 cm i brösthöjd medan provträd tas ut slumpmässigt. Sannolikheten att ett klavträd blir provträd är proportionell mot dess grundyta. Vid kontrolltaxeringen bestäms avdelningarnas medelhöjd, grundyta, stamantal, volym och medeldiameter.

En inventering med ovan beskrivna metoder av så pass omfattande arealer som det rör sig om i MoDos fall är en tidsödande och kostsam process. Samtidigt som man önskar minska kostnader och tidsåtgång är det av stor vikt att erhålla tillräckligt hög precision i skattningarna. Ett moment som tar mycket tid i anspråk är åldersbestämning med hjälp av tillväxtborr. Av denna anledning har man på Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, på uppdrag av MoDo tagit fram funktioner för åldersskattning. En annan möjlighet att rationalisera inventeringsrutinerna är att utelämnat fältkontroll av beståndsvariabler som med tillräckligt hög precision skattas vid förtolkningen. Alternativt kan det finnas variabler som med störst precision skattas som en kombination av förtolkade och fältkontrollerade värden, s k kombinationsestimat.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka olika möjligheter för MoDo Skog AB att effektivisera inventeringsrutinerna. Störst vikt har lagts vid studier av möjligheterna att vid fältkontrollen skatta beståndsåldrar med funktioner istället för genom borrhning. För att kunna avgöra om någon variabel bestäms med så pass hög precision vid förtolkningen att den ej behöver skattas vid fältkontrollen görs även en jämförelse av kvaliteten hos data från de båda inventeringsfaserna. Dessutom studeras förutsättningarna för kombinationsestimering, d v s att öka precisionen i skattningen av någon variabel genom att ge olika vikt åt värden skattade vid förtolkning och fältkontroll.

2. Material och metoder

2.1 Materialet

Det material som studeras i detta arbete utgörs av inventeringsdata från MoDos egna skogsmarksinnehav. De studerade bestånden är belägna inom Örnsköldsviks, Robertsfors och Lycksele skogsförvaltningar och har genomgått såväl förtolkning som fältkontroll och kontrolltaxering. Förtolkningen genomfördes 1993 medan fältkontroll och kontrolltaxering gjorts under 1995. Därför har korrigering av ålder samt framräkning av virkesförråd, grundyta, medeldiameter och höjd gjorts med hjälp av tillväxtfunktioner för att möjliggöra riktiga jämförelser av data från de olika inventeringsfaserna.

De funktioner för åldersbestämning som på uppdrag av MoDo framtagits vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå bygger på riksskogstaxeringsdata från 2533 avdelningar och 4346 provträd fördelade på tall 1883, gran 2097 och björk 366. Totalt har fyra funktioner framtagits; en för bestånd och en för vardera trädslagen tall, gran och löv. Funktionerna, vilka redovisas nedan i tabellform, skattar åldern enligt följande modell:

$$\hat{Y}_i = B_0 + B_1 X_{1i} + \dots + B_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad \text{där}$$

\hat{Y}_i = skattad ålder för bestånd eller träd nr i

$X_{1i} \dots X_{pi}$ = p st variabler för bestånd eller träd nr i

$B_0, B_1 \dots B_p$ = regressionskoefficienter

ε_i = slumpfel

Tabell 1. Funktion för bestämning av ett bestånds totalålder framtagen av SLU.

Funktion för skattning av totalålder hos bestånd	
Variabel	Koefficient
Höjd över havet (m)	0,548
Ståndortsindex (m)	-2,11
Grundytvägd medelhöjd (dm)	1,18
Tallandel (tiondelar)	1,53
Granandel (tiondelar)	2,76
Grundyta (m ²)	-0,306
Grundytvägd medeldiameter (mm)	0,0454
Breddgrad (tiondels grader)	0,363
Grundytvägd medelhöjd i kvadrat	-0,00193
Ståndortsindex i kvadrat	-0,0526
Breddgrad * höjd över havet	-0,000824
Intercept	-240

Tabell 2. Funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos tall framtagen av SLU.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos tall	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	0,757
Diameter i kvadrat	-0,000609
Diam*(gyv medelhöjd/gyv medeldiam)	-0,0577
Höjd (dm) / diameter (mm)	86,1
Höjd (dm)	-0,164
Höjd över havet (m)	0,0425
Breddgrad (tiondels grader)	-0,550
Breddgrad i kvadrat	0,000627

Tabell 3. Funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos gran framtagen av SLU.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos gran	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	0,238
Diameter i kvadrat	-0,000270
Diam*(gyv medelhöjd/gyv medeldiam)	-0,0243
Höjd (dm) / diameter (mm)	9,84
Höjd (dm)	0,145
Höjd över havet (m)	0,0539
Breddgrad (tiondels grader)	-0,421
Breddgrad i kvadrat	0,000661

Tabell 4. Funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos löv framtagen av SLU.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos löv	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	0,400
Diameter i kvadrat	-0,000456
Diam*(gyv medelhöjd/gyv medeldiam)	0,0370
Höjd (dm) / diameter (mm)	17,4
Höjd (dm)	-0,0298
Höjd över havet (m)	0,0466
Breddgrad (tiondels grader)	-0,224
Breddgrad i kvadrat	0,000300

Vid utvärderingen av dessa funktioner och vid framtagning av nya funktioner för åldersbestämning användes kontrolltaxeringsdata från 167 avdelningar. Antalet uttagna provträd på dessa avdelningar uppgår till 1815, fördelade på tall 693, gran 1014, björk 98 och övrigt löv 10.

Under arbetets gång tillkom inventeringsdata från ytterligare 36 avdelningar. Utvärderingen av kvaliteten i förtolkat och fälkontrollerat data samt kombinationsestimatstudien bygger därför på data från 203 avdelningar. På grund av datafel fanns dock uppgifter om ståndortsindex och ålder ej tillgängliga för 40 resp 38 av avdelningarna. Studierna av dessa variabler bygger därmed på data från 163 resp 165 avdelningar.

2.2 Metoder

Den statistiska bearbetningen av materialet utfördes med statistikprogrammet SPSS for Windows. Övriga beräkningar gjordes i kalkylprogrammet Excel 5.0.

Värden erhållna vid kontrolltaxeringen betraktas i de olika delstudierna som ”sanna” i och med att denna inventeringsmetod är objektiv och därmed ger väntevärdesriktiga skattningar. Skattningarna är dock behäftade med slumpfel vilket i praktiken ej går att undvika. Korrigering för dessa slumpfel görs vid utvärderingen av systematiska och slumpmässiga fel samt vid studien av möjligheter till kombinationsestimering.

2.2.1 Utvärdering av funktioner för åldersbestämning

De åldersfunktioner som framtagits av SLU testades på data från MoDos kontrolltaxering. Åldrar enligt funktioner jämfördes med åldrar framtagna med hjälp av tillväxtborrh vid kontrolltaxeringen. Härvid användes den statistiska metoden *t-test för parade stickprov*. Vid användning av denna utgår man ifrån att två lika stora stickprov som ej är oberoende av varandra studeras med syfte att testa hypoteser rörande differenser mellan stickproven. Den formel som används för beräkning av t-värden är: $t = \overline{D} / (S_D / \sqrt{n})$ där \overline{D} är genomsnittliga differensen mellan de två stickproven, S_D är standardavvikelsen för differensen och n antalet observationer.

De utvärderade funktionerna är av två typer. Funktionen för hela bestånd skattar totalåldern med hjälp av ett antal beståndsvariabler medan funktionerna för enskilda träd skattar brösthöjdsåldern utifrån beståndsvariabler samt det enskilda trädets diameter och höjd. I detta arbete jämförs de båda funktionstyperna med avseende på precisionen i bestämningen av beståndsålder. Härvid beräknades beståndsåldrar enligt funktioner för enskilda träd som det aritmetiska medelvärdet av predikterade provträdsåldrar med tillägg för antal år till brösthöjd. Funktionerna för enskilda träd testades dessutom med samtliga provträd sammanslagna, utan föregående beräkning av beståndsmedelvärde.

Avsikten är att funktionerna för skattning av ålder ska användas vid fältkontrollen där samtliga bestånd äldre än 30 år skall åldersbestämmas. Detta sker idag genom borrhning av 3-6 subjektivt valda träd per bestånd. I denna studie beräknades precisionen i fältkontrollens åldersskattningar på samma sätt som för funktionerna. Därigenom erhålls en antydning om hur mycket precisionen i skattningen av åldern förändras vid övergång till användandet av funktioner.

Det material som funktionerna testats på utgörs av kontrolltaxeringsdata med i genomsnitt elva stycken slumpmässigt utvalda provträd per bestånd. Precisionen i skattningar av värden på variabler som ingår i funktionerna blir därmed bättre än de som erhålls vid fältkontrollen. Detta innebär att den precision i åldersbestämning med funktioner som redovisas i detta arbete eventuellt överskattar den precision som erhålls i praktiken då funktionerna används vid fältkontrollen. Av denna anledning testades funktionen för åldersbestämning av bestånd även på data från fältkontrollen. Då ingen registrering av mätresultat från enskilda träd gjorts vid fältkontrollen var dock detta ej möjligt vid studierna av funktioner för skattning av enskilda träd åldrar.

2.2.2 Framtagning av nya åldersfunktioner

Efter utvärdering av befintliga funktioner framtagna av SLU togs även nya funktioner fram genom linjär regression. Regressionerna gjordes på samma material som de befintliga funktionerna testats på, d v s kontrolltaxeringsdata från 167 avdelningar med 1815 provträd.

De kandidater till förklaringsvariabler som användes vid regressionerna var sådana variabler som skattas vid fältkontrollen eftersom det är vid denna inventeringsfas som funktionerna är avsedda att användas. Efter residualstudier transformerades i vissa fall variabler om till att bli kvadratiske. Även variabler som eventuellt uppvisar samspelseffekt testades. Med samspelsef-

fekt menas att exempelvis kvoten höjd/diameter bättre korrelerar med åldern än vad variablerna höjd och diameter gör var för sig.

För att komma fram till den funktion som bäst skattar åldern användes metoden *bakåt eliminering*. Denna metod innebär att alla kandidater till förklaringsvariabler tas med vid första regressionen, varefter den minst signifikanta av dessa tas bort och ny regression görs o s v. Proceduren pågår tills dess att enbart variabler som på ett tillfredställande sätt förklarar den beroende variabeln återstår. Variabler som utesluts i ett tidigare skede kunde i vissa fall senare få en ny chans eftersom det visade sig att en variabels signifikans kunde påverkas kraftigt av vilka övriga variabler som medtogs vid regressionen.

Efter genomförd regression granskades residualplottar med avseende på outliers, dvs kraftigt avvikande observationer. Vissa sådana fanns, men då några mätfel ej verkade föreligga utesluts inga observationer ur materialet.

De nya funktionerna utvärderades på samma sätt som funktionerna framtagna av SLU. Då regression görs på samma material som redan befintliga funktioner testats på erhålls naturligtvis funktioner som är bättre anpassade till detta material. Är materialet litet finns risk för att residualspridningen underskattar den spridning som erhålls vid prediktering på annat material. För att få ett mått på denna underskattning kan man *korsvalidera*, vilket innebär att datamängden delas upp i två delar varefter en modell skattas med hjälp av den ena och prediktion görs med den andra. Ett sätt att korsvalidera är att använda $n-1$ observationer, dvs alla utom en, för att skatta regressionsmodellen. Med den återstående observationen görs prediktion. Proceduren upprepas n gånger. Modellens prediktionsförmåga beräknas sedan som $\sqrt{\Sigma(y_i - y_i^*)/n}$, där y_i är de sanna och y_i^* de predikterade värdena. Det material som i detta arbete användes för att ta fram funktioner är så pass stort att residualspridningen inte nämnvärt borde underskatta den spridning man får vid prediktion. För att få en uppfattning om storleken på den eventuella underskattningen genomfördes dock korsvalidering för trädslagen tall och gran. För båda trädslagen användes två tredjedelar av materialet till att ta fram en funktion medan prediktion gjordes på den återstående tredjedelen.

Den nya funktionen för åldersbestämning av bestånd testades på data från fältkontrollen på samma sätt som SLUs beståndsfunktion.

2.2.3 Åldersbestämning utifrån övre höjd och ståndortsindex

En metod för bonitering som utvecklats av Hägglund (1979) innebär att ståndortsindex skattas med hjälp av övre höjd och ålder. I denna delstudie studeras möjligheterna att istället skatta åldern via övre höjd och ståndortsindex genom att utnyttja Hägglunds samband mellan de tre variablerna. Beräkningarna utfördes med hjälp av tabeller och linjär interpolering av Ljusk-Ola Eriksson, SLU. Då skilda samband gäller för tall och gran valdes det trädslag som var dominerande enligt den trädslagsblandning som skattats vid kontrolltaxeringen.

Ett problem med åldersbestämning enligt denna metod är att man vid bonitering med höjduvecklingskurvor måste känna till åldern för att kunna skatta ståndortsindex. I MoDos fall görs dock boniteringen uteslutande med ståndortsegenskaper. Då övre höjd ej skattats för de studerade bestånden bedömdes denna genom att påslag gjordes på den grundtyevägda medelhöjden. De olika påslag som testades var 0, 5, 10, och 15 dm.

2.2.4 Konsekvenser av åldersbestämning med funktioner

För att på ett riktigt sätt kunna avgöra om funktioner ska användas vid åldersbestämning eller ej, krävs en ingående kostnadsanalys. Vinsten i form av sänkta inventeringskostnader kan beräknas via tidsåtgången för åldersskattningen. Den försämrade precisionen i skattningarna leder till förluster till följd av att felaktiga beslut fattas. Förväntade förluster på en felaktigt fattade beslut är dock svåra och tidskrävande att beräkna.

I detta arbete studeras olika effekter av en försämrad åldersbestämning, såsom förändrad åldersklassfördelning och beräknad tillväxt, vilka kan tänkas leda till felaktigt fattade beslut.

2.2.5. Kvalitet i data från förtolkning och fältkontroll

Vid denna studie jämfördes data från de subjektiva inventeringsfaserna förtolkning och fältkontroll med avseende på storleken av systematiska och slumpmässiga fel. Jämförelsen gjordes för de variabler som skattas vid både förtolkning och fältkontroll, nämligen medeldiameter, medelhöjd, grundyta, ståndortsindex, volym, ålder och trädslagsblandning. För de variabler som vid förtolkningen kan skattas med god precision skulle en fältkontroll eventuellt kunna utelämnas.

Ståhl (1992) redovisar i en studie hur utvärdering av systematiska och slumpmässiga fel i data från subjektiva inventeringsmetoder bör gå till. Enligt denna kan två olika modeller användas beroende på om de systematiska felen behandlas som fixa (*utan* trend) eller varierande (*med* trend).

En modell *utan* trend är:

$$(1) \quad \text{Uppskattat värde} = \text{Systematiskt fel} + \text{Sant värde} + \text{Slumpfel}$$

Det subjektivt skattade värdet antas i denna modell vara lika med motsvarande sanna värde med tillägg för ett fixt systematiskt fel och ett slumpmässigt fel.

En modell *med* trend är:

$$(2) \quad \text{Uppskattat värde} = a + b \cdot \text{Sant värde} + \text{Slumpfel}$$

Enligt denna modell bestäms det systematiska felet av parametrarna a och b . Om inventeringsdata uppvisar ”dragnings mot mitten”, d v s låga sanna värden överskattas och höga underskattas, är b mindre 1.

De systematiska och slumpmässiga felen kan alltså endast bestämmas korrekt om sanna värden finns tillgängliga. Sanna värden kan dock inte erhållas utan måste ersättas av objektiva data, i detta fall kontrolltaxeringsdata. Dessa följer modellen:

$$(3) \quad \text{Objektivt värde} = \text{Sant värde} + \text{Slumpfel}$$

Vid beräkning av slumpfel i subjektiva data bör hänsyn tas till slumpfelen i objektiva data. Modellen (1) för systematiska fel *utan* trend kan med beteckningar skrivas som:

$$(4) \quad U = a + S + \varepsilon$$

Här är alltså U det subjektivt uppskattade värdet, a en konstant (systematiskt fel), S det sanna värdet och ε slumpfelet. Om modellen för objektiva data skrivs om med beteckningar, där O är objektivt skattat värde och δ slumpfelet vid den objektiva inventeringen, erhålls:

$$(5) \quad O = S + \delta$$

Differensen, D , mellan det subjektivt och objektivt skattade värdet, d v s $U - O$ blir:

$$(6) \quad D = a - \delta + \varepsilon$$

Eftersom termerna δ och ε har väntevärdet 0 erhålls:

$$(7) \quad E(D) = a - E(\delta) + E(\varepsilon) = a$$

Det systematiska felet, a , kan alltså beräknas som den genomsnittliga differensen mellan subjektivt och objektivt skattat värde.

Även variansen för slumpfelen i subjektiva data, $Var(\varepsilon)$, ska skattas. Eftersom objektiva och subjektiva data är oberoende, erhålls med hjälp av formel (6) följande uttryck:

$$(8) \quad Var(D) = Var(a - \delta + \varepsilon) = Var(\delta) + Var(\varepsilon)$$

Därmed kan $Var(\varepsilon)$ beräknas som:

$$(9) \quad Var(\varepsilon) = Var(D) - Var(\delta)$$

Slumpfelsvariansen i subjektiva data skattas alltså som variansen för differenserna mellan subjektiva och objektiv värden minus variansen för slumpfelen i objektiva data. Variansen för slumpfelen i objektiva data beräknas som medelvärdet av variansen för samtliga avdelningar.

Vid användning av modeller *med* trend blir beräkningen av systematiska och slumpmässiga fel betydligt mer komplicerade. De systematiska felen, som ges av parametrarna a och b i modell (2) kan skattas genom regression av uppskattat värde på sant värde. Nackdelen då sant värde ersätts av objektivt skattat värde är att a och b inte blir väntevärdesriktigt skattade. Det går dock att via omräkning erhålla i stort sett väntevärdesriktiga skattningar av a och b .

I denna studie har modeller *utan* trend använts för utvärderingen av systematiska fel och slumpfel. Detta för att förenkla beräkningen och tolkningen av resultaten. För att minska effekten av eventuella varierande systematiska fel indelades materialet först i tre grupper. Indelningen gjordes subjektivt med avseende på virkesförråd enligt kontrolltaxeringen. Resultatet blev följande tre grupper:

Tabell 5. Indelning av bestånd i grupper för utvärdering av systematiska och slumpmässiga fel.

Gruppnummer	Virkesförråd (m ³ /ha)	Antal bestånd
1	23 - 100	20
2	101 - 180	87
3	181 - 379	96

Intervallet mellan högsta och lägsta virkesförråd är ej lika stort för de tre grupperna utan ökar då förrådet ökar. Detta beror på att variationen hos de systematiska felen i regel är större vid lägre förråd (Ståhl, personligt meddelande, 1996). Då värden på ståndortsindex och ålder saknades för 40 respektive 38 av bestånden, blev antalet bestånd i de tre grupperna 15, 73 resp 75 för ståndortsindex och 15, 73 resp 77 för ålder. För variablerna ståndortsindex och trädslagsblandning är det tveksamt om någon gruppindelning behövs eftersom de systematiska felen vid skattningar av dessa variabler knappast påverkas av virkesförrådets storlek. För att åstadkomma en enhetligare resultatredovisning har dock indelningen gjorts för samtliga variabler.

Vid beräkning av precisionen hos data med de konventionella statistiska formlerna för OSU (obundet slumpmässigt urval) förutsätts att samtliga provytors läge bestäms slumpmässigt, vilket dock är praktiskt olämpligt vid inventering av skog. Kontrolltaxeringens provytor läggs ut systematiskt, d v s i ett regelbundet förband där endast startpunkten bestäms slumpmässigt. Detta medför att de vanliga statistiska formlerna underskattar precisionen i skattningar gjorda utifrån kontrolltaxeringsdata. I detta arbete har därför multiplicering av standardavvikelsen med 0,8 bedömts ge mer rättvisande värden (Lindgren, 1996, personligt meddelande). För att erhålla ett riktigare värde på slumpfelsvariansen hos kontrolltaxeringsdata har därför variansen enligt OSU multiplicerats med faktorn 0,64 ($0,8^2$). Variansen för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll har alltså i detta arbete beräknats som:

$$(10) \quad Var(\varepsilon) = Var(D) - 0,64 \cdot Var(\delta)$$

Variansen för kontrolltaxerade värden, $Var(\delta)$, erhöles ur redan beräknade avdelningsvisa medelfel. Sådana fanns dock ej tillgängliga för variablerna medeldiameter och trädslagsblandning. Medelfelen för dessa variabler uppskattades därför med ledning av medelfel erhållna vid en liknande studie utförd av Ståhl (1992). Härvid antogs förhållandet mellan medelfel enligt Ståhls och denna studie vara lika stort för medeldiameter och trädslagsblandning som för medelvärde av förhållandet mellan medelfelen för övriga variabler.

Efter kontrolltaxeringen sker en omräkning av det ståndortsindex som angetts i fält så att värden för både tall och gran erhålls. Vilket av dessa två värden som i denna studie valts som facitvärde beror på vilket bonitetsvisande trädslag som angetts vid förtolkning respektive fältkontroll. Om värdet på ståndortsindex vid exempelvis förtolkning angetts för trädslaget tall, har motsvarande värde enligt kontrolltaxeringen utgjort facit.

2.2.6 Kombinationsestimat ur förtolkat och fältkontrollerat data

Att bilda kombinationsestimat är ett sätt att förbättra precisionen i skattningen av en variabel genom att ge olika vikt åt skattningar från två eller flera datakällor. I denna studie undersöks möjligheterna att förbättra kvaliteten i skattningar genom att ur förtolkat och fältkontrollerat data bilda kombinationsestimat. Precis som vid studien av systematiska och slumpmässiga fel

i subjektiva data studeras här de variabler som skattas vid både förtydning och fälkontroll, dvs medeldiameter, medelhöjd, grundyta, ståndortsindex, volym, ålder och trädslagsblandning.

Ett flertal tekniker att bilda kombinationsestimat finns. En vanlig sådan är enligt Ståhl (1992) att ur de två väntevärdesriktiga datakällorna x_1 och x_2 bilda kombinationsestimatet x_k enligt följande:

$$(11) \quad x_k = a \cdot x_1 + (1 - a) \cdot x_2$$

Datakällornas vikter bestäms av a och erhålls genom variansminimering av x_k som:

$$(12) \quad a = \frac{Var(\varepsilon_2) - Cov(\varepsilon_1, \varepsilon_2)}{Var(\varepsilon_1) + Var(\varepsilon_2) - 2 \cdot Cov(\varepsilon_1, \varepsilon_2)}$$

Här är ε_1 och ε_2 datakällornas slumpfel. Variansen för kombinationsestimatet ges av:

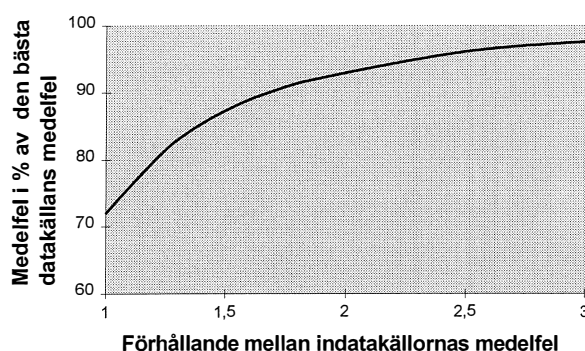
$$(13) \quad Var(\varepsilon_k) = a^2 \cdot Var(\varepsilon_1) + (1 - a)^2 \cdot Var(\varepsilon_2) + 2a(1 - a) \cdot Cov(\varepsilon_1, \varepsilon_2)$$

Kombinationsestimatets slumpfel betecknas här som ε_k .

Bildandet av kombinationsestimat ur *subjektiva* datakällor innebär vissa problem i och med att indata inte är väntevärdesriktiga. Ett par olika möjligheter att ur subjektiva data bilda kombinationsestimat beskrivs av Ståhl (1992). Ett sätt är att först göra data väntevärdesriktigt genom kalibrering och därefter tillämpa vanlig variansminimeringsteknik. Ett annat är att göra regression med värden från de subjektiva datakällorna som oberoende variabler och objektiva skattade facitvärden som beroende variabel. På detta sätt sker både kalibrering och bestämning av vikter för olika datakällor i ett och samma steg.

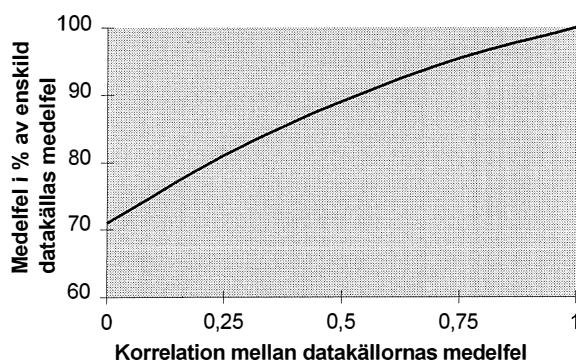
I detta arbete har regressionsvarianten använts. Kombinationsestimatets varians har skattats som den erhållna residualvariansen med avdrag för slumpfelen i objektiva data. Detta beräkningssätt är detsamma som användes vid utvärderingen av slumpmässiga fel hos subjektiva data och som framgår av uttrycket (10).

Förutsättningen för att kombinationsestimat ska vara effektiva är att de ingående datakällornas varianser är ungefär lika stora. Dessutom bör korrelationen mellan datakällornas slumpfel vara låg eller allra helst negativ. Om precisionsskillnaden är stor och/eller slumpfelen korrelerade blir vinsten av kombinationsestimat obetydlig. Detta framgår av nedanstående figurer. Figur 1 visar kombinationsestimatets medelfel i procent av den bästa indatakällans medelfel vid olika förhållanden mellan två indatakällors medelfel då deras slumpfel är okorrelerade.



Figur 1. Kombinationsestimatets medelfel i procent av den bästa indatakällans medelfel då datakällornas slumpfeler är okorrelerade (efter Ståhl, 1992).

I figur 2 framgår kombinationsestimatets medelfel vid olika slumpfelskorrelationer då indatakällornas medelfel är lika stora.



Figur 2. Kombinationsestimatets medelfel i procent av en enskild indatakällans medelfel då datakällornas medelfel lika stora (efter Ståhl, 1992).

Ovanstående figurer gäller då indatakällornas vikter kan bestämmas perfekt. Sätts vikterna däremot fel, samtidigt som precisionsskillnaden är stor eller slumpfelen korrelerade, kan det hända att kombinationsestimatets precision blir sämre än den bästa indatakällans.

För att få en förklaring till eventuella bra eller dåliga kombinationsestimat beräknades korrelationen mellan förtolkningens och fältkontrollens slumpfeler. Härvid användes uttrycket:

$$(14) \quad r = \frac{\text{Cov}(\varepsilon_1, \varepsilon_2)}{\sqrt{\text{Var}(\varepsilon_1) \cdot \text{Var}(\varepsilon_2)}} = \frac{\text{Cov}(D_1, D_2) - \text{Var}(\delta)}{\sqrt{\text{Var}(\varepsilon_1) \cdot \text{Var}(\varepsilon_2)}}$$

Här är ε_1 och ε_2 slumpfelen för skattningar gjorda vid förtolkning respektive fältkontroll. D_1 och D_2 är differenserna mellan kontrolltaxerat värde och förtolkat resp fältkontrollerat värde och δ är slumpfelen i skattningar gjorda vid kontrolltaxeringen.

Ett problem med att bilda kombinationsestimat är i detta fall att fältkontrollens skattningar ej är oberoende av de som erhöles vid förtolkningen. Fältkontrollens förrättningsmän har nämligen med sig förtolkade värden på samtliga variabler utom ståndortsindex och medelålder. Även om instruktionen är att mätning alltid ska ske finns risken att man ej korregerar förtolkade värden om skillnaderna är små eller att man anger värden som ligger någonstans mitt emellan de förtolkade och de uppmätta. Detta innebär att en form av kombinationsestimat görs redan idag. I denna studie undersöks med andra ord möjligheterna att bilda

kombinationsestimat ur två datakällor där den ena av dessa redan är ett kombinationsestimat. Därför kan man förvänta sig att de kombinationsestimat som erhålls i denna studie knappast medför någon större precisionsförbättring.

För vissa bestånd har ståndortsindex vid förtolkningen och fältkontroll angetts för olika trädslag. Vid bildandet av kombinationsestimat har i dessa fall förtolkat värde räknats om så att ståndortsindex enligt de tre inventeringsfaserna gäller för samma trädslag. Härvid användes de formler man på MoDo använder för att efter kontrolltaxeringen erhålla ståndortsindex för både tall och gran.

3. Resultat

3.1. Funktioner för åldersbestämning

3.1.1. Framtagning av nya funktioner

Variabler och koefficienter för de funktioner för åldersbestämning som togs fram genom regressionsanalys på kontrolltaxeringsdata redovisas i tabell 6 - 9. En fullständig beskrivning av funktionernas anpassningsförmåga, koefficienternas medelfel och signifikans m m finns i bilaga 1. Funktionerna följer på samma sätt som SLUs funktioner modellen:

$$\hat{Y}_i = B_0 + B_1 X_{1i} + \dots + B_p X_{pi} + \varepsilon_i \quad \text{där}$$

\hat{Y}_i = skattad ålder för bestånd eller träd nr i

$X_{1i} \dots X_{pi}$ = p st variabler för bestånd eller träd nr i

$B_0, B_1 \dots B_p$ = regressionskoefficienter

ε_i = slumpfel

Tabell 6. Ny funktion för bestämning av ett bestånds totalålder.

Funktion för skattning av totalålder hos bestånd	
Variabel	Koefficient
Ståndortsindex (m)	-5,62
Grundtevägd medeldiameter (mm)	,934
Breddgrad (tiondels grader)	1,66
Grundtevägd medelhöjd (dm) i kvadrat	-,00237
Gyv medeldiam / Gyv medelhöjd	-108
Konstant	-856

Tabell 7. Ny funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos tall.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos tall	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	,137
Grundtevägd medeldiameter (mm)	,235
Höjd (dm)	,216
Ståndortsindex (m)	-3,81
Höjd över havet (m)	-,0307
Breddgrad (tiondels grader)	1,20
Konstant	-727

Tabell 8. Ny funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos gran.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos gran	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	,345
Diameter i kvadrat	-0,000365
Grundtevägd medeldiameter (mm)	,0926
Ståndortsindex (m)	-4,81
Höjd över havet (m)	-,0591
Breddgrad (tiondels grader)	2,92
Konstant	-1760

Tabell 9. Ny funktion för bestämning av brösthöjdsålder hos löv.

Funktion för skattning av brösthöjdsålder hos löv	
Variabel	Koefficient
Diameter (mm)	,223
Grundtyevägd medelhöjd (dm)	,168
Höjd (dm) / diameter (mm)	22,9
Ståndortsindex (m)	-2,42
Höjd över havet (m)	-,126
Höjd över havet i kvadrat	0,000249
Konstant	30,1

Vid den korsvalidering som gjordes för trädslagen tall och gran erhöles samma variabler som ovan men med något avvikande koefficienter. Resultaten av korsvalideringen redovisas i sin helhet i bilaga 2 och kan sammanfattas med följande tabell:

Tabell 10. Resultat av korsvalidering. Den angivna residualspridningen erhöles vid framtagning av funktioner ur två tredjedelar av provträds materialet medan prediktion gjordes för den återstående tredjedelen. Spridningen vid prediktionen beräknades som standardavvikelsen för differenserna mellan predikterad ålder och facitålder.

	Residualernas standardavvikelse	Standardavvikelse vid prediktion
Funktion för tall	20,0 %	22,1 %
Funktion för gran	22,3 %	22,2 %

Som framgår av tabellen erhöles för trädslaget tall en standardavvikelse vid prediktion som var något högre än residualernas standardavvikelse. Motsvarande standardavvikelser för gran blev i stort sett identiska. Resultaten tyder på att residualspridningen inte nämnvärt underskattar den spridning som erhöles vid prediktion på nytt material.

3.1.2. Jämförelse av olika metoder för åldersbestämning

Resultaten av de t-test som gjordes för åldersskattningar enligt funktioner, Hägglund och fältkontroll redovisas i bilaga 3. För de olika funktionstyperna anges i bilaga 4 funktionsvärde, facitvärde och differens för varje enskild avdelning.

I tabell 11 redovisas resultaten i form av ett antal mått på spridningen hos beståndsvisa differenser mellan funktionsvärde och facitvärde. Motsvarande resultat anges dessutom för den åldersbestämning som görs vid fältkontrollen samt för studien av åldrar enligt Hägglund. De sistnämnda avser de resultat som erhöles då inget pålägg på grundtyevägd medelhöjd gjordes för att skatta den övre höjden, vilket resulterade i den högsta precisionen.

Tabell 11. Spridningsmått för differenser mellan beståndsåldrar enligt funktioner, Hägglund och fältkontroll och beståndsåldrar enligt kontrolltaxering.

Spridningsmått	SLUs funktion för bestånd	SLUs funktioner för enskilda träd	Ny funktion för bestånd	Nya funktioner för enskilda träd	Ålder enligt Hägglund	Fältkontroll
Genomsnittlig differens	4,7	4,6	0	0	-0,5	4,3
Medelfel (stdavv) (år)	20,9	19,8	18,0	15,3	21,6	14,8
Största överskattning	51	43	42	32	45	44
Största underskattning	-64	-56	-64	-52	-66	-40
Övre kvartil	20	20	12	10	16	14
Undre kvartil	-8	-10	-13	-10	-17	-4
Genomsnittlig absolut diff	17	17	14	12	18	12

Resultaten visar att bäst precision erhålls med de nya funktionerna för enskilda träd samt vid fältkontrollen, vilka båda skattar åldern med ett medelfel kring 15 procent.

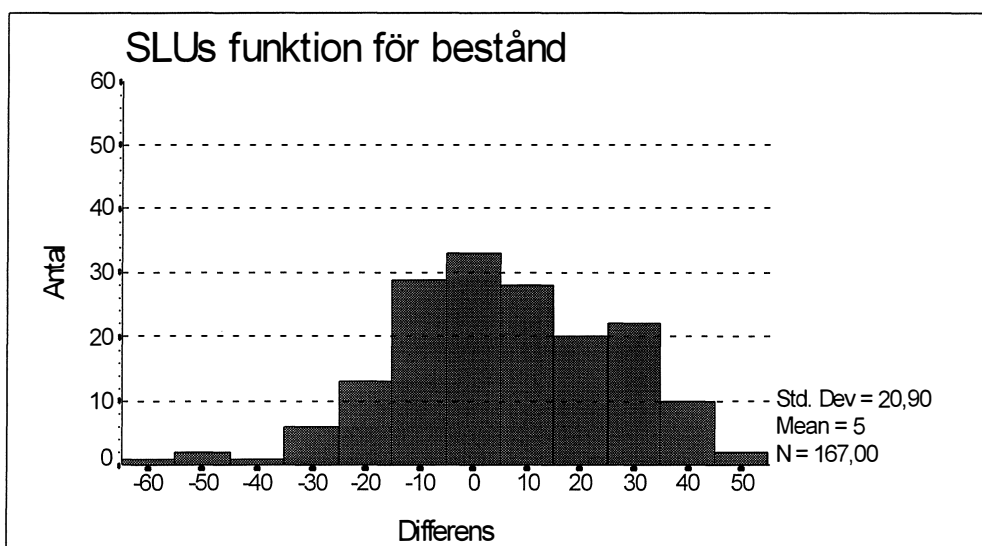
Ovanstående resultat erhöles då samtliga funktioner testades på kontrolltaxeringsdata. Nedan visas motsvarande resultat erhållna då funktionerna för skattning av beståndsålder testades på data från fältkontrollen.

Tabell 12. Spridningsmått för differenser mellan beståndsåldrar enligt funktioner och kontrolltaxering då funktionsåldrarna beräknats utifrån data från fältkontrollen.

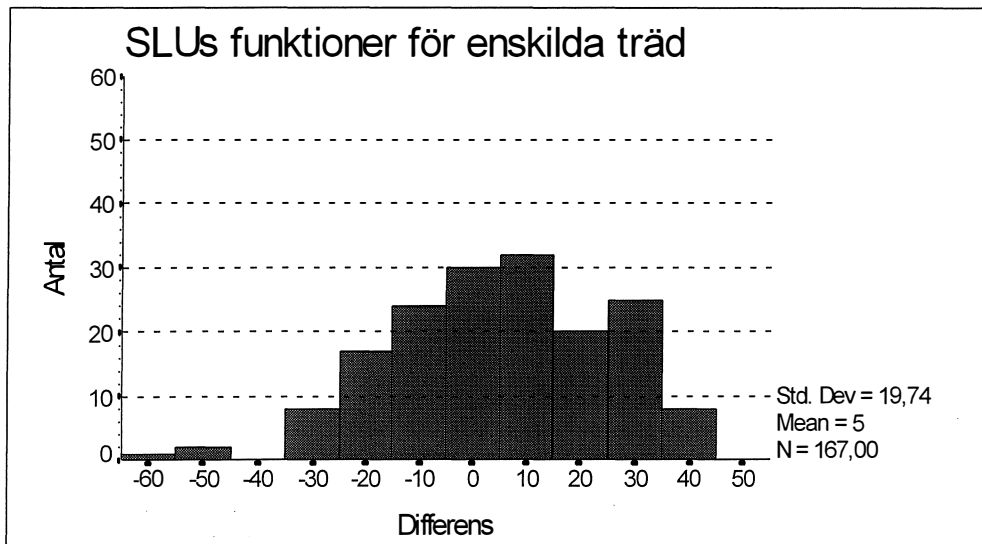
Spridningsmått	SLUs funktion för bestånd	Ny funktion för bestånd
Genomsnittlig differens	7,6	-2,2
Medelfel (stdavv) (år)	18,4	19,3
Högsta värde	49	51
Lägst värde	-40	-49
Övre kvartil	20	12
Undre kvartil	-4	-13
Genomsnittlig absolut diff	16	15

Precisionen blev alltså något bättre för SLUs funktion och något sämre för den nya funktionen då de testades på data från fältkontrollen istället för på kontrolltaxeringsdata. Följaktligen är det svårt att avgöra om precisionen erhållen vid utvärdering av funktioner på kontrolltaxeringsdata underskattar den precision man får i praktiken då variabelvärden skattas vid fältkontrollen.

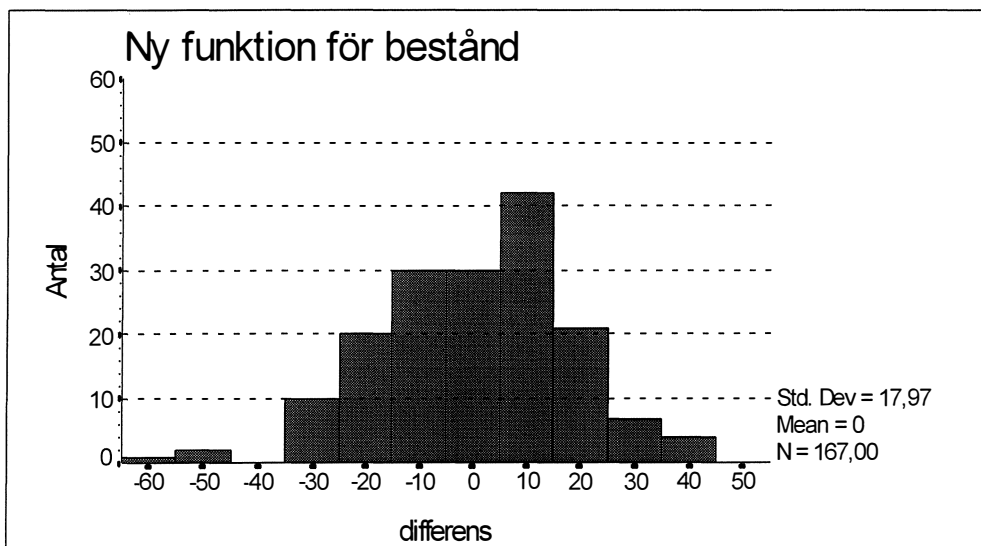
Nedan visas för de olika funktionstyperna samt för fältkontrollen differensernas fördelning över samtliga bestånd i form av histogram.



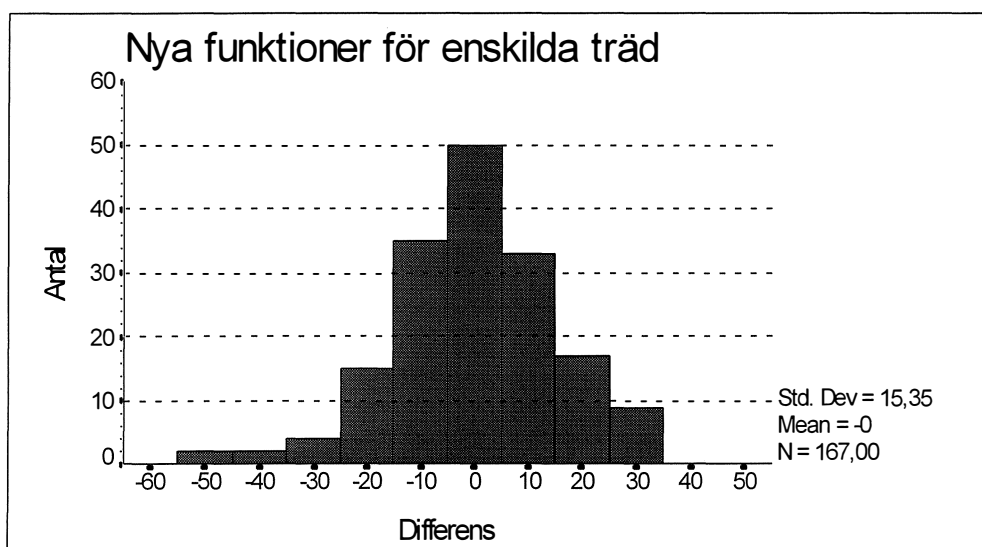
Figur 3. Fördelningen av differenser mellan beståndsålder enligt SLUs funktioner för bestånd och enligt kontrolltaxering.



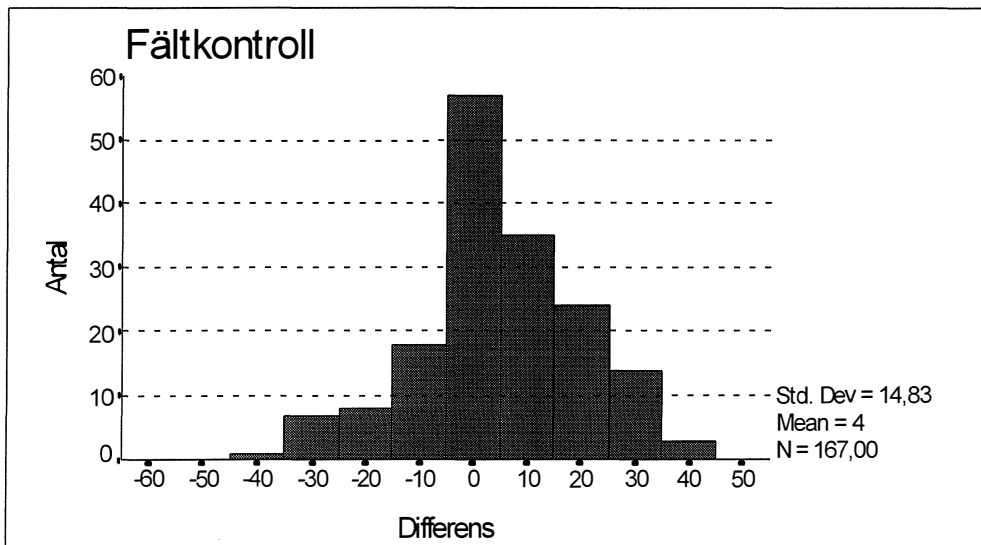
Figur 4. Fördelningen av differenser mellan beståndsålder enligt SLUs funktioner för enskilda träd och enligt kontrolltaxering.



Figur 5. Fördelningen av differenser mellan beståndsålder enligt nya funktioner för bestånd och enligt kontrolltaxering.



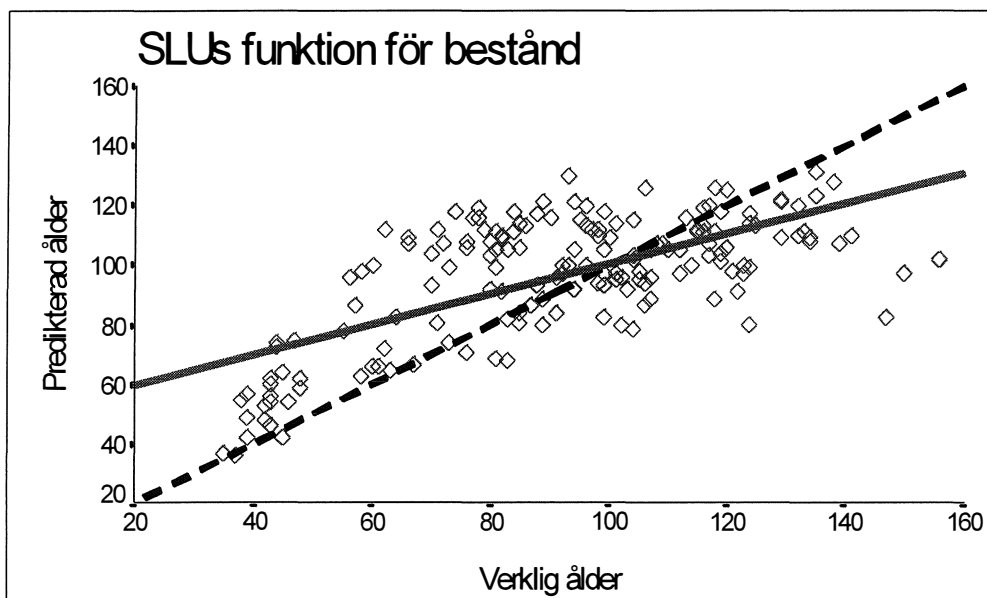
Figur 6. Fördelningen av differenser mellan beståndsålder enligt nya funktioner för enskilda träd och enligt kontrolltaxering.



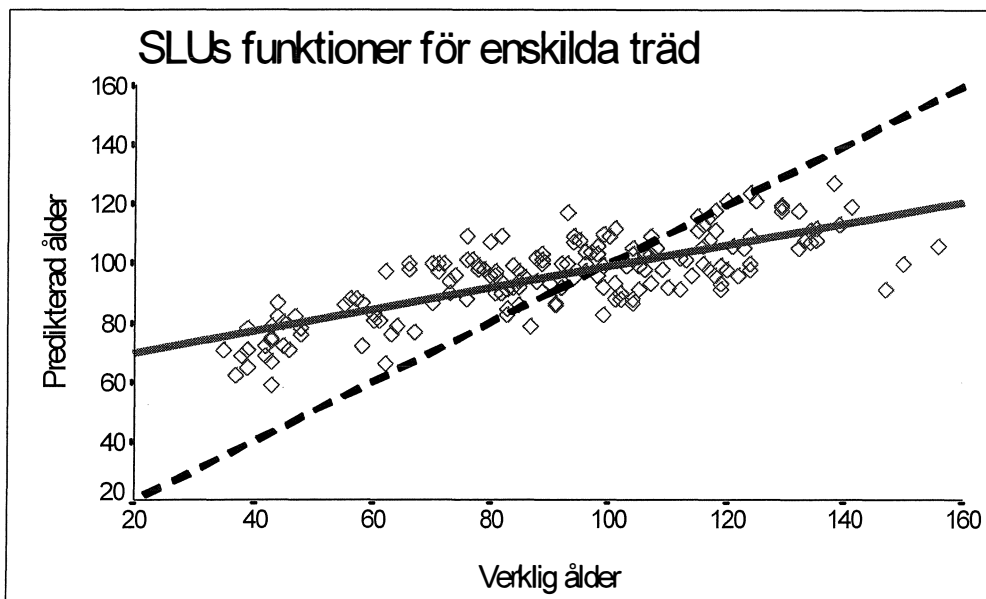
Figur 7. Fördelningen av differenser mellan beståndsålder enligt fältkontroll och enligt kontrolltaxering.

Även histogrammen visar att de nya funktionerna för enskilda träd samt fältkontrollen bäst skattar beståndsåldrar. Vidare framgår att funktioner underskattar beståndsåldern kraftigt för ett antal avdelningar.

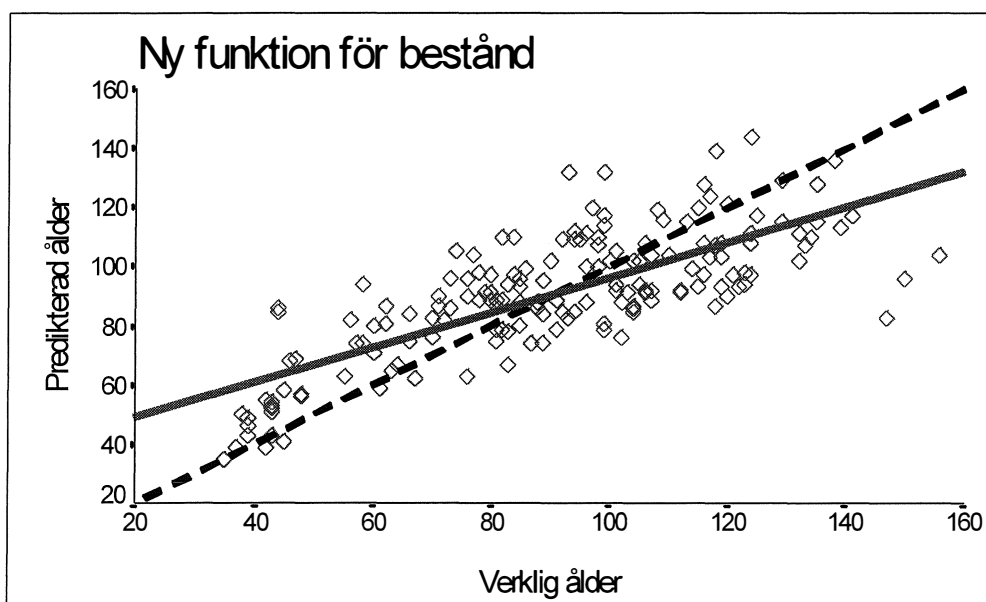
Av stor vikt är vid vilka sanna åldrar som de största avvikelserna finns. I följande diagram visas därför "verklig" ålder, dvs ålder enligt kontrolltaxering, och ålder enligt funktioner respektive fältkontroll för samtliga studerade bestånd.



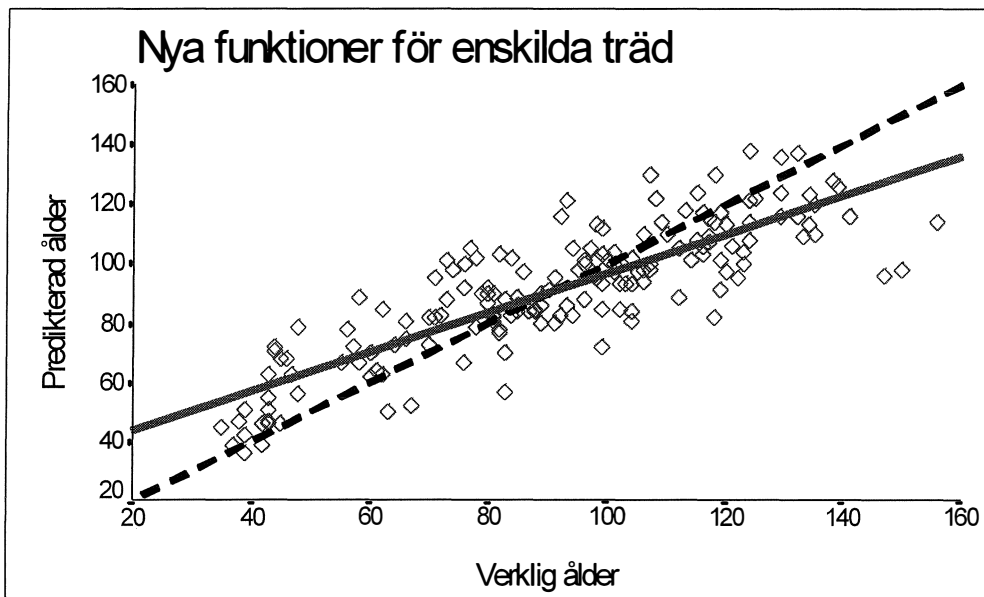
Figur 8. Predikerade och verkliga åldrar vid användning av SLUs funktion för bestånd. Det lodräta avståndet mellan en observation och den streckade linjen med lutningen ett utgör differensen mellan predikerad och verklig ålder. Den heldragna linjen är anpassad till observationerna enligt minsta kvadratmetoden..



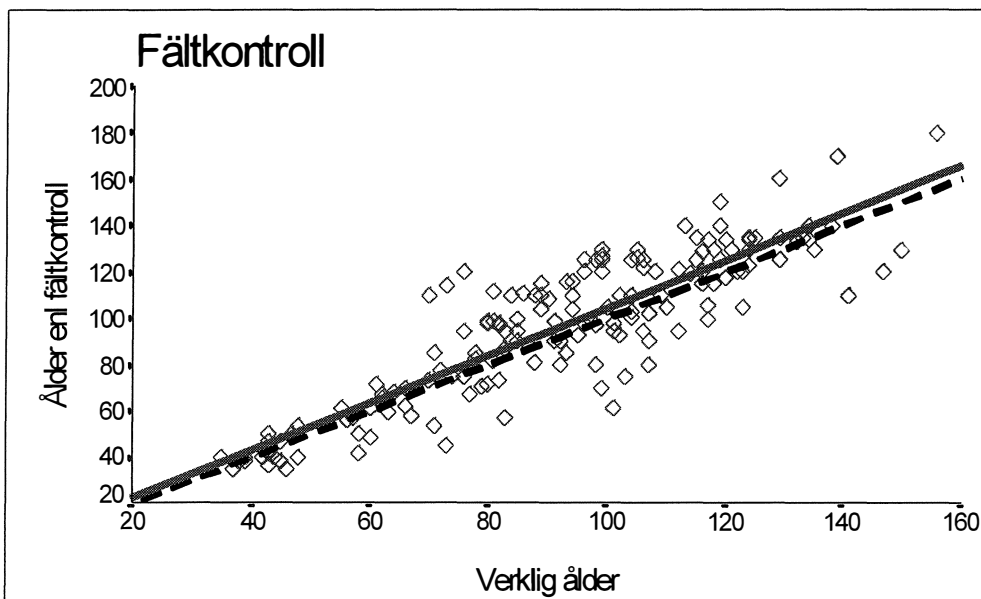
Figur 9. Predikterade och verkliga åldrar vid användning av SLUs funktioner för enskilda träd. Det lodräta avståndet mellan en observation och den streckade linjen med lutningen ett utgör differensen mellan predikterad och verklig ålder. Den heldragna linjen är anpassad till observationerna enligt minsta kvadratmetoden.



Figur 10. Predikterade och verkliga åldrar vid användning av ny funktion för bestånd. Det lodräta avståndet mellan en observation och den streckade linjen med lutningen ett utgör differensen mellan predikterad och verklig ålder. Den heldragna linjen är anpassad till observationerna enligt minsta kvadratmetoden.



Figur 11. Predikterade och verkliga åldrar vid användning av nya funktioner för enskilda träd. Det lodräta avståndet mellan en observation och den streckade linjen med lutningen ett utgör differensen mellan predikterad och verklig ålder. Den heldragna linjen är anpassad till observationerna enligt minsta kvadratmetoden.



Figur 12. Åldrar enligt fältkontroll och verkliga åldrar. Det lodräta avståndet mellan en observation och den streckade linjen med lutningen ett utgör differensen mellan predikterad och verklig ålder. Den heldragna linjen är anpassad till observationerna enligt minsta kvadratmetoden.

Av diagrammen framgår att funktionerna överskattar låga verkliga åldrar och underskattar höga, vilket är mest påtagligt för SLUs funktioner. Fältkontrollens över- och underskattningar däremot är jämnare fördelade över olika sanna åldrar. De unga bestånden förefaller vara åldersbestämda med god precision vid fältkontrollen även om en svag tendens till underskattning för dessa kan urskiljas.

3.1.3. Konsekvenser av försämrad åldersbestämning

I sin skogliga planering använder sig MoDo av Indelningspaketet. I detta planeringssystem ingår åldern som en av variablerna i de s k prioritetsfunktionerna, vilka ekonomiskt optimerar valen av objekt som ska åtgärdas genom beräkning av s k prioritetstal. Om åldern skattas med låg precision kommer därmed prioritetstalen att bli mindre tillförlitliga. Prioritetsfunktionerna används inom MoDo vid upprättande av femårsplaner. Vilka bestånd som i slutändan kommer att avverkas avgörs dock förutom av prioritetstalen även av en mängd andra faktorer.

Vid användning av Indelningspaketet har även åldern betydelse vid urval av stickprovsavdelningar för objektiv inventering. Detta urval sker genom stratifiering, d v s indelning av avdelningar i homogena grupper, vilket sker med avseende på bl a åldersklassstillhörighet. En försämrad noggrannhet i åldersbestämningen medför med andra ord en mindre effektiv stratifiering.

Med ledning av bl a ovanstående kan det vara intressant att studera hur åldersklassfördelningen påverkas av en övergång till åldersbestämning med funktioner. I tabell 13 jämförs åldersklassfördelningen enligt kontrolltaxering, fältkontroll och funktioner.

Tabell 13. Procentuell fördelning av 167 studerade bestånd på olika åldersklasser för åldersskattningar enligt kontrolltaxering, fältkontroll och funktioner. Åldersklassfördelningen enligt funktioner har beräknats utifrån de nya funktionerna för enskilda träd.

	Procentuell fördelning av bestånden på olika åldersklasser							
	21-40	41-60	61-80	81-100	101-120	121-140	141-160	161-180
Kontrolltaxering	4	13	16	28	25	13	2	0
Fältkontroll	8	10	13	21	23	22	1	1
Funktioner	2	8	16	38	28	8	0	0

Tabellen visar tydligt hur funktionerna leder till en ansamling av bestånd i de mellersta åldersklasserna, vilket är ett resultat av att låga sanna åldrar överskattas och höga åldrar underskattas.

Vid tillväxtberäkningar är åldern en relativt viktig variabel. Inom MoDo används tillväxten för framskrivning av avdelningsregister varvid egna tillväxtfunktioner utnyttjas. Skillnaden i volymtillväxt beräknad utifrån åldrar enligt funktioner respektive fältkontroll jämfört med volymtillväxt enligt kontrolltaxering då MoDos funktioner använts framgår av nedanstående tabell.

Tabell 14. Jämförelse av volymtillväxt beräknad utifrån åldrar enligt kontrolltaxering, fältkontroll och funktioner. Tillväxten enligt funktioner har beräknats utifrån de nya funktionerna för enskilda träd.

Differens mellan volymtillväxt enligt funktioner respektive fältkontroll och enligt kontrolltaxering	Funktioner	Fältkontroll
Genomsnittlig differens, m ³ sk/ha och år	-0,46	0,59
Differensernas standardavvikelse, m ³ sk/ha och år	1,00	0,83
Genomsnittlig absolut differens, m ³ sk/ha och år	0,72	0,74

Då åldern bestäms med funktioner blir volymtillväxten lägre än då den beräknas utifrån kontrolltaxerad ålder, medan den blir högre för åldrar enligt fältkontrollen. Detta är logiskt med

tanke på att funktioner överskattar och fältkontrollen underskattar åldern hos unga bestånd vilka har den största tillväxten.

Åldern är en betydelsefull variabel när det gäller naturvård. Inom MoDo överväger man nu att undanta en viss andel äldre skog från aktivt skogsbruk. Ju äldre skogen är desto större värde anses den ha från naturvårdssynpunkt och desto större andel av arealen skall sparas. Detta innebär att de stora underskattningar av gamla bestånd som erhålls vid användning av funktioner är en stor nackdel i naturvårdshänseende.

3.2. Systematiska och slumpmässiga fel vid förtolkning och fältkontroll

I nedanstående tabeller redovisas slumpfel och systematiska fel för de studerade variablerna. Slumpmässiga fel redovisas som medelfel. Vid omräkning till procentuella tal har felen satts i relation till medelvärdet. De systematiska felen anges dels uppdelat på de tre förrådsgrupperna (se tabell 5 sid 9), dels som ett totalvärde. Slumpfelen redovisas endast som ett totalvärde eftersom inget samband mellan de procentuella medelfelen och grupptillhörighet kunde urskiljas. I resultatredovisningen har även variabeln stamantal medtagits trots att denna ej bedöms vid förtolkningen.

Medeldiameter

Tabell 15. Genomsnittlig medeldiameter och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Medeldiameter (cm)	Medelfel	
		cm	%
Förtolkning	19,6	4,2	21,5
Fältkontroll	22,0	2,1	9,4
Kontrolltaxering	22,2	1,1	5,0

Tabell 16. Genomsnittlig medeldiameter och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Medeldiameter (cm)	Systematiskt fel	
		cm	%
Förtolkning			
Grupp 1	13,4	-1,4	-9,5
Grupp 2	19,2	-1,1	-5,6
Grupp 3	21,4	-4,0	-15,8
Totalt	19,6	-2,5	-11,4
Fältkontroll			
Grupp 1	15,4	0,6	4,1
Grupp 2	20,5	0,2	1,0
Grupp 3	24,7	-0,6	-2,5
Totalt	22,0	-0,2	-0,7

Medelhöjd

Tabell 17. Genomsnittlig medelhöjd och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Medelhöjd (m)	Medelfel	
		m	%
Förtolkning	16,2	2,1	12,9
Fältkontroll	16,5	1,3	7,8
Kontrolltaxering	15,8	0,6	4,0

Tabell 18. Genomsnittlig medelhöjd och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Medelhöjd (m)	Systematiskt fel	
		m	%
Förtolkning			
Grupp 1	11,3	1,0	10,3
Grupp 2	15,3	0,9	6,3
Grupp 3	18,1	-0,2	-1,3
Totalt	16,2	0,4	2,4
Fältkontroll			
Grupp 1	10,7	0,4	4,4
Grupp 2	15,3	0,9	6,6
Grupp 3	18,9	0,6	3,1
Totalt	16,5	0,7	4,6

Grundyta

Tabell 19. Genomsnittlig grundyta och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Grundyta (m ²)	Medelfel	
		m ²	%
Förtolkning	21,8	4,0	18,2
Fältkontroll	22,6	3,0	13,1
Kontrolltaxering	24,0	2,4	9,9

Tabell 20. Genomsnittlig grundyta och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Grundyta (m ²)	Systematiskt fel	
		m ²	%
Förtolkning			
Grupp 1	12,6	-1,1	-8,0
Grupp 2	19,7	-1,4	-6,5
Grupp 3	25,6	-3,1	-10,7
Totalt	21,8	-2,2	-9,0
Fältkontroll			
Grupp 1	13,9	0,2	1,5
Grupp 2	20,6	-0,5	-2,5
Grupp 3	26,3	-2,5	-8,6
Totalt	22,6	-1,4	-5,7

Volym

Tabell 21. Genomsnittlig volym och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Volym (m ³ sk)	Medelfel m ³ sk	%
Förtolkning	162	41	25,1
Fältkontroll	180	27	15,0
Kontrolltaxering	184	22	11,9

Tabell 22. Genomsnittlig volym och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Volym (m ³ sk)	Systematiskt fel m ³ sk	%
Förtolkning			
Grupp 1	68	-2	-3,5
Grupp 2	138	-6	-4,2
Grupp 3	203	-40	-16,5
Totalt	162	-22	-11,9
Fältkontroll			
Grupp 1	73	3	4,0
Grupp 2	151	7	4,6
Grupp 3	229	-15	-6,0
Totalt	180	-4	-2,0

Ståndortsindex

Tabell 23. Genomsnittligt ståndortsindex och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Ståndortsindex (m)	Medelfel m	%
Förtolkning	19,6	2,3	11,6
Fältkontroll	19,5	1,4	7,2
Kontrolltaxering	19,1	0,6	3,4

Tabell 24. Genomsnittligt ståndortsindex och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Ståndortsindex (m)	Systematiskt fel m	%
Förtolkning			
Grupp 1	16,4	0,0	0,0
Grupp 2	18,8	0,2	1,0
Grupp 3	21,1	1,1	5,3
Totalt	19,6	0,6	3,0
Fältkontroll			
Grupp 1	16,1	-0,4	-2,4
Grupp 2	19,1	0,4	2,0
Grupp 3	20,7	0,4	2,0
Totalt	19,5	0,3	1,7

Medelålder

Tabell 25. Genomsnittlig medelålder och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Medelålder (år)	Medelfel	
		år	%
Förtolkning	94	26	27,9
Fältkontroll	95	15	15,7
Kontrolltaxering	94	8	8,2

Tabell 26. Genomsnittlig medelålder och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Medelålder (år)	Systematiskt fel	
		år	%
Förtolkning			
Grupp 1	76	9	12,8
Grupp 2	100	5	5,6
Grupp 3	93	-5	-5,3
Totalt	94	1	0,8
Fältkontroll			
Grupp 1	68	0	0,7
Grupp 2	94	-1	-0,9
Grupp 3	102	4	4,5
Totalt	95	2	1,9

Tallandel

Tabell 27. Genomsnittlig tallandel och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Tallandel (1/10)	Medelfel	
		(1/10)	%
Förtolkning	4,7	1,5	32,3
Fältkontroll	4,5	0,9	19,3
Kontrolltaxering	4,4	0,5	11,0

Tabell 28. Genomsnittlig tallandel och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Tallandel (1/10)	Systematiskt fel	
		(1/10)	%
Förtolkning			
Grupp 1	5,3	-0,1	-1,9
Grupp 2	5,9	0,5	9,5
Grupp 3	3,5	0,1	2,7
Totalt	4,7	0,3	5,7
Fältkontroll			
Grupp 1	5,5	0,1	1,9
Grupp 2	5,7	0,3	5,4
Grupp 3	3,3	-0,1	-2,4
Totalt	4,5	0,1	2,1

Granandel

Tabell 29. Genomsnittlig granandel och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Granandel (1/10)	Medelfel (1/10)	%
Förtolkning	4,5	1,5	33,3
Fältkontroll	4,8	1,0	21,5
Kontrolltaxering	4,9	0,4	7,4

Tabell 30. Genomsnittlig granandel och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Granandel (1/10)	Systematiskt fel (1/10)	%
Förtolkning			
Grupp 1	3,2	0,4	12,3
Grupp 2	3,3	-0,6	-14,6
Grupp 3	5,8	-0,4	-6,3
Totalt	4,5	-0,4	-8,1
Fältkontroll			
Grupp 1	3,0	0,2	5,3
Grupp 2	3,7	-0,2	-4,5
Grupp 3	6,2	0,0	0,3
Totalt	4,8	-0,1	-1,0

Lövandel

Tabell 31. Genomsnittlig lövandel och medelfel för skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Lövandel (1/10)	Medelfel (1/10)	%
Förtolkning	0,8	0,8	94,6
Fältkontroll	0,6	0,7	110,8
Kontrolltaxering	0,7	0,0	3,5

Tabell 32. Genomsnittlig lövandel och systematiska fel för skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll.

Inventeringsfas	Lövandel (1/10)	Systematiskt fel (1/10)	%
Förtolkning			
Grupp 1	1,5	-0,2	-14,3
Grupp 2	0,8	0,1	8,1
Grupp 3	0,7	0,3	72,5
Totalt	0,8	0,1	21,2
Fältkontroll			
Grupp 1	1,5	-0,2	-14,3
Grupp 2	0,6	-0,1	-16,1
Grupp 3	0,5	0,1	15,0
Totalt	0,6	0,0	-6,6

Stamantal

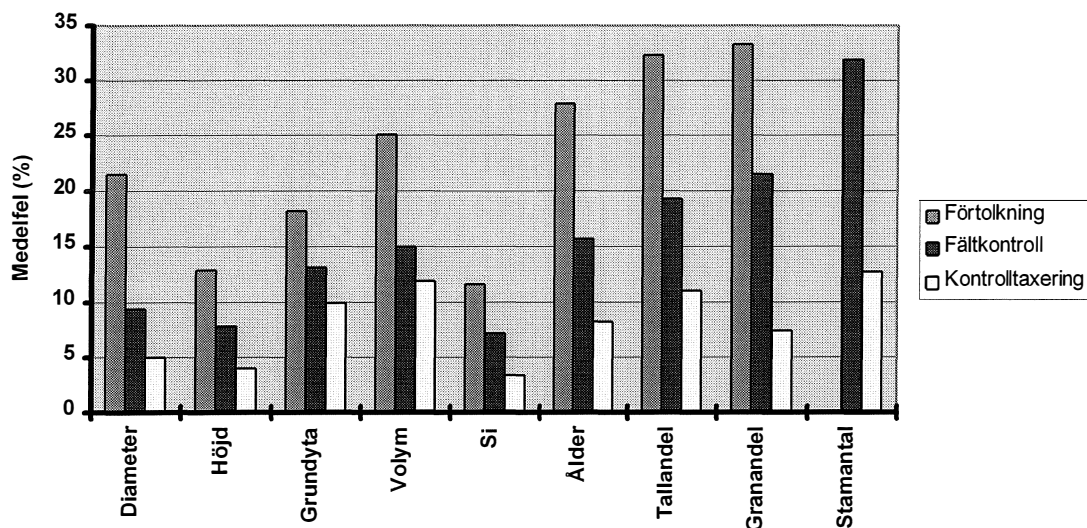
Tabell 33. Genomsnittligt stamantal och medelfel för skattningar gjorda vid fältkontroll och kontrolltaxering.

Inventeringsfas	Stamantal (st)	Medelfel	
		st	%
Fältkontroll	831	265	31,9
Kontrolltaxering	1036	132	12,7

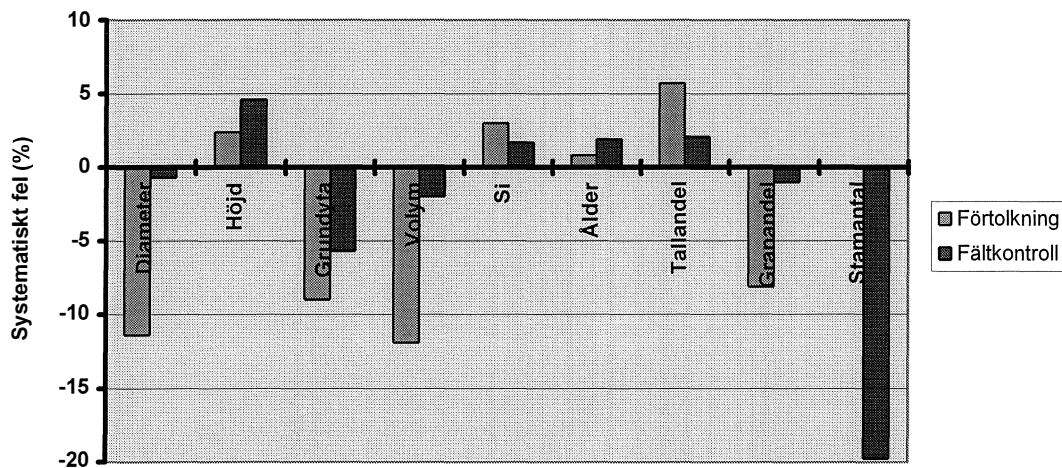
Tabell 34. Genomsnittligt stamantal och systematiska fel för skattningar gjorda vid fältkontroll.

Inventeringsfas	Stamantal (st)	Systematiskt fel	
		st	%
Fältkontroll			
Grupp 1	984	-239	-19,5
Grupp 2	865	-218	-20,1
Grupp 3	765	-187	-19,6
Totalt	831	-206	-19,8

Resultaten från ovanstående tabeller kan sammanfattas med följande diagram i vilka lövandel dock ej medtagits.



Figur 13. Procentuella medelfel i skattningar gjorda vid förtolkning, fältkontroll och kontrolltaxering. Variabeln stamantal har dock ej skattats vid förtolkningen.



Figur 14. Procentuella systematiska fel i skattningar gjorda vid förtolkning och fältkontroll. Variabeln stamantal har dock ej skattats vid förtolkningen.

Av resultaten framgår att slumpfelen för samtliga variabler är klart lägre för fältkontrollen än för förtolkningen. Enda undantaget är lövandelen som dock är så liten och svårbestämbar.

Ser man till totalvärdena är de systematiska felen för höjd och ålder lägre vid förtolkningen medan de för övriga variabler är lägst vid fältkontrollen. Att enbart se till totalvärdena kan dock vara missvisande för variabler som uppvisar dragning mot mitten i och med att över-skattningar av låga värden och underskattningar av höga värden tar ut varandra. Av denna anledning bör man beakta alla tre grupperna då de systematiska felen studeras. Förtolkningen uppvisar tydlig tendens till dragning mot mitten för variablerna medelhöjd och volym. För fältkontrollen är dragningen mot mitten påtagligast för variablerna medeldiameter, grundyta och volym.

Anmärkningsvärt är de höga slumpmässiga och systematiska felen för variabeln stamantal som erhålls vid fältkontrollen.

3.3 Kombinationsestimat

Som tidigare nämnts bör de ingående datakällorna ha ungefär samma precision samt oberoende eller allra helst negativt korrelerade slumpfel för att effektiva kombinationsestimat ska kunna upprättas. Då föregående studie visade att precisionen i fältkontrollens skattningar var klart bättre än förtolkningens kan man förvänta sig att vinsten av kombinationsestimat skulle bli liten.

De kombinationsestimat som upprättades genom regressionsanalys redovisas i tabell 35 i form av koefficienter för värden enligt fältkontroll och förtolkning samt konstanter. Fullständiga resultat av de genomförda regressionerna återfinns i bilaga 5.

Tabell 35. Kombinationsestimat framtagna genom regressionsanalys. FK och FT avser värde skattat vid fältkontroll respektive förtolkning.

Variabel	Kombinationsestimat
Medelhöjd	$FK*0,887 + FT*0,00474 + 1,07$
Medeldiameter	$FK*0,933 + FT*0,0317 + 1,02$
Grundyta	$FK*0,745 + FT*0,237 + 1,96$
Volym	$FK*0,868 + FT*0,100 + 11,2$
Ståndortsindex	$FK*0,745 + FT*0,107 + 2,56$
Ålder	$FK*0,671 + FT*0,199 + 10,8$
Tallandel	$FK*0,904 + FT*0,0325 + 0,191$
Granandel	$FK*0,820 + FT*0,0938 + 0,498$
Lövandel	$FK*0,559 + FT*0,336 + 0,0474$

Koefficienten för värdet enligt förtolkning var på 95%-nivån endast signifikant för variablerna grundyta, ståndortsindex, ålder och lövandel.

I tabell 36 redovisas kombinationsestimatens medelfel samt förtolkningens och fältkontrollens slumpfelkorrelation. Medelfelen anges även i procent av bästa datakällans medelfel.

Tabell 36. Kombinationsestimatens medelfel och datakällornas slumpfelskorrelation. Medelfel anges i absoluta tal, i procent samt i förhållande till medelfelet för den bästa indatakällan, vilken i samtliga fall var fältkontrollen.

Variabel	Kombinationsestimatets medelfel		Kombinationsestimatets medelfel i % av bästa datakällans medelfel	Korrelation mellan datakällornas slumpfel
	abs	%		
Medeldiameter	2,1 cm	9,3	99,4	0,41
Medelhöjd	1,2 m	7,8	95,8	0,54
Grundyta	2,8 m ²	11,7	95,2	0,46
Volym	26,7 m ³ sk	14,5	98,5	0,53
Ståndortsindex	1,1 m	5,6	90,0	0,22
Medelålder	12,2 år	13,0	81,1	-0,05
Tallandel	0,8 1/10	18,8	95,5	0,45
Granandel	1,0 1/10	19,8	93,0	0,49
Lövandel	0,6 1/10	93,7	90,6	0,51

Bäst kombinationsestimat med en sänkning av fältkontrollens medelfel med knappt 20 % erhöles för variabeln medelålder. Förklaringen till detta är den svagt negativa korrelationen mellan förtolkningens och fältkontrollens slumpfel. Korrelationen var även låg för ståndortsindex vilket resulterade i att kombinationsestimatet gav en sänkning av medelfelet med 10 % jämfört med fältkontrollen. Värt att påpekas är att just medelålder och ståndortsindex är de variabler vars förtolkade värden ej medtas vid fältkontrollen. För övriga variabler förefaller kombinationsestimat vara ointressanta.

Då förtolkningens och fältkontrollens skattningar ej är oberoende av varandra i och med förrättningsmännen vid fältkontrollen har med sig värden enligt förtolkning, var förutsättningarna för bildandet av kombinationsestimat dåliga. En antydning om hur pass mycket förrättningsmännen förlitade sig på de förtolkade värden erhålls ur tabell 37 där gjorda korrigeringar av förtolkade värden för variablerna medelhöjd och grundyta framgår.

Tabell 37. Ändringar av förtolkade värden på medelhöjd och grundyta gjorda vid fältkontrollen. Med "bra" och "dåliga" ändringar avses ändringar som resulterat i en förbättring respektive försämring av skattningen i förhållande till kontrolltaxerat värde.

Variabel	Andel ändringar av förtolkat värde	Andel av ändringarna som ledde till förbättring	Genomsnittlig förbättring av "bra" ändringar	Genomsnittlig försämring av "dåliga" ändringar
Medelhöjd	59 %	69 %	1,7 m	1,3 m
Grundyta	80 %	63 %	2,9 m ²	2,4 m ²

Tabellen visar att förrättningsmännen relativt ofta ändrade förtolkningens värden och att dessa i de flesta fall ledde till en förbättring jämfört med värdet enligt kontrolltaxering. Hur ofta man angett värden som ligger någonstans mellan de förtolkade och de som verkligen uppmätts framgår dock ej.

4. Diskussion

Med de funktioner för enskilda träd som framtagits i detta arbete förefaller åldersbestämning kunna ske med en precision likvärdig med den som idag erhålls genom fältkontrollen. Detta sett över samtliga åldrar. Problemet med funktionerna är att dessa till skillnad från fältkontrollen uppvisar en tydlig tendens till dragning mot mitten, dvs överskattning av låga sanna värden och underskattning av höga. Att höga åldrar underskattas är förutom i naturvårdshänseende av mindre betydelse. Viktigare är att kunna skatta åldern hos unga och medelålders bestånd med hög precision, vilket fältkontrollen men ej de studerade funktionerna gör.

De största avvikelserna vid användning av funktioner erhöles för de äldsta bestånden, vilka därmed kraftigt påverkat parametrarna i de funktioner som togs fram genom regressionsanalys. En intressant studie vore därför att stryka bestånd äldre än exempelvis 100 år ur materialet och ta fram funktioner för resterande bestånd. På detta sätt skulle funktioner som är bättre anpassade till de yngre bestånden erhållas. Äldre bestånd skulle kunna åldersbestämmas genom borrhning. Ett alternativ vore att ta fram en funktion för yngre och en för äldre bestånd eller att införa en skindikatorvariabel med värdet noll för yngre och ett för äldre bestånd eller vice versa. Ett problem med dessa förfaringssätt är att avgöra om ett visst bestånd ligger över eller under den gräns man fastställt till exempelvis 100 år, vilket i många fall skulle fordra borrhning.

Andra svårigheter vid åldersbestämning med funktioner torde vara beståndshistoriken och de enskilda trädens läge i beståndet. Det sätt på vilket beståndet anlagts, stormfällningar, genomförda gallringar och beståndstäthet före gallring är exempel på faktorer som påverkar resultaten av åldersskattningar med funktioner och som är svåra att ta hänsyn till. Detsamma gäller för skiktade bestånd där den ålder ett enskilt träd tilldelas till stor del beror på om det är eller har varit undertryckt och i så fall till vilken grad. Om alla bestånd planterades och sköttes på samma sätt och skiktningen i bestånden var liten skulle åldern säkerligen kunna skattas med hög precision med hjälp av funktioner.

Av denna studie framgår att de funktioner som framtagits genom regressionsanalys på MoDos kontrolltaxeringsdata skattar beståndsåldrar med större precision än de som bygger på riksskogstaxeringsdata. Tänkbara orsaker till detta kan vara att data från riksskogstaxeringen även inbegriper privat skogsmark samt att det omfattar ett geografisk område som avviker från utbredningen av MoDos skogsmarksinnehav.

Frågan om huruvida funktioner skall ersätta fältkontrollen vid åldersbestämning eller ej beror på vad beståndsåldern används till och vilka precisionskrav som därmed ställs på skattningen av denna. Vinsten i form av sänkta inventeringskostnader måste ställas i relation till kostnaden för den precisionsförlust man gör. Kostnaden för försämringen i precision uppkommer till följd av att felaktiga beslut fattas. Denna är dock till skillnad från den sänkta inventeringskostnaden mycket svår att uppskatta.

Resultaten av studien av slumpmässiga och systematiska fel visar att kvaliteten i förtolkningens skattningar är klart sämre än fältkontrollens för samtliga variabler. Slumpfelen i förtolkade värden var överlag högre än vad man skulle kunna förvänta sig. Det finns dock en trolig förklaring till detta. I denna studie har slumpfel och systematiska fel beräknats utan föregående uppdelning på enskilda flygbildstolkare. Om vissa bildtolkare tenderar att överskatta

medan andra underskattar sanna värden kommer en stor del av dessa systematiska fel att klassas som slumpmässiga om skilda bildtolkares värden slås samman. I denna studie överskattas med andra ord slumpfelen medan de systematiska felen underskattas. En riktigare utvärdering av felen skulle innebära att de till en början beräknades för varje enskild bildtolkare. Korrigering skulle då kunna göras för varje tolkares systematiska fel samtidigt som medelfelet sammantaget skulle bli lägre än vad som framkommit i denna studie.

Syftet med utvärderingen av systematiska och slumpmässiga fel var att få fram underlag för beslut om att eventuellt utelämna mätning av någon variabel i fält. På samma sätt som vid användning av funktioner för åldersbestämning bör ett sådant beslut grundas på en jämförelse mellan minskad inventeringskostnad och kostnaden för precisionsförsämringen i form av felaktigt fattade beslut. Dessutom bör som tidigare nämnts en uppdelning på enskilda flygbildstolkare göras så att mer rättvisande värden på slumpmässiga och systematiska fel erhålls.

Förutsättningarna för att i denna studie erhålla goda kombinationsestimat var små i och med att precisionen i data från förtolkningen visade sig vara klart sämre än i fältkontrolldata. Dessutom är förtolkningens och fältkontrollens skattningar ej är oberoende av varandra eftersom förtolkade värden på flertalet variabler medtas i fält, vilket innebär att en informell form av kombinationsestimat används redan idag. För flertalet variabler visade det sig även att förtjänsten av att bilda kombinationsestimat var mycket marginell. Klart bäst kombinationsestimat med en sänkning av medelfelet med ca 20 % jämfört med fältkontrollen erhöles för medelåldern. Detta är något man bör ta i beaktande vid överväganden om tillämpning av funktioner vid åldersbestämning. Näst bäst kombinationsestimat erhöles för ståndortsindex. Medelålder och ståndortsindex var också de variabler som uppvisade lägst slumpfelskorrelation, vilket sannolikt är ett resultat av att fältkontrollens förrättningsmän ej har med sig förtolkade värden på dessa variabler. En möjlighet att erhålla bättre kombinationsestimat för andra variabler kan därför vara att ej låta förrättningsmännen ha tillgång till förtolkade värden. De informella kombinationsestimat som används idag skulle därmed ersättas med formella. Att de senare är bättre är dock ej självklart.

En intressant möjlighet är att ta fram kombinationsestimat ur flygbildstolkade värden från två eller flera förrättningsmän. En studie av Ståhl (1992) visar att man på detta sätt kan erhålla en markant förbättring av precisionen i flygbildstolkade data. Eventuellt skulle slumpfel likvärdiga med fältkontrollens erhållas. Om fältkontroll av någon variabel därigenom kunde utelämnas skulle förtjänsten av detta antagligen överväga kostnaden för att samma bestånd måste bildtolkas av två eller flera förrättningsmän.

Referenser

Hägglund, B. 1974. *Höjdtvecklingskurvor för bonitering*. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Skogsfakta nr 6.

Ståhl, G. 1992. *En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva metoder*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport 24

Wonnacot, R.J. och Wonnacot, T.H. 1990. *Introductory statistics*. 5:e uppl. N.Y.:John Wiley & Sons, Inc.

Personliga meddelanden från:

Forskare och SkogD G. Ståhl. 1996. Sveriges lantbruksuniversitet.

Konsult O. Lindgren. 1996. OL Skogsinventering.

Bilaga 1.

Funktioner för åldersbestämning framtagna genom regression på konrolltaxeringsdata

Funktionen för bestånd skattar totalålder medan funktionerna för enskilda träd ger bröst-höjdsålder. De bygger på data från MoDos kontrolltaxering av 167 bestånd under 1995. Antalet provträd är 1815, fördelade på tall 693, gran 1014, björk 98 och övringt löv 10.

Åldern skattas enligt följande: $\hat{Y}_i = B_0 + B_1X_{1i} + \dots + B_pX_{pi} + \varepsilon_i$ där

\hat{Y}_i = skattad ålder för bestånd eller träd nr i

B_0, B_1, \dots, B_p = regressionskoefficienter

X_{1i}, \dots, X_{pi} = p st variabler för bestånd eller träd nr i

ε_i = slumpfel

Bestånd:

Multiple R	,76975
R Square	,59251
Adjusted R Square	,57985
Standard Error	18,24332

Analysis of Variance			
	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	5	77913,01469	15582,60294
Residual	161	53583,78771	332,81856

F = 46,82011 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T	Förklaring av variabel
BREDDGR	1,656518	,414904	,258827	3,993	,0001	Breddgrad i tiondels grader
MEDDIAM	,933553	,165028	1,634653	5,657	,0000	Grundytav medeldiam i mm
SI	-5,622059	,801452	-,485726	-7,015	,0000	Ståndortsindex i meter
DHKVOT	-107,671802	26,574593	-,533862	-4,052	,0001	Gyv meddiam/gyv medhöjd i dm
MEDHOJD2	-,002368	7,6657E-04	-,847561	-3,089	,0024	Gyv medelhöjd i dm i kvadrat
(Constant)	-856,334440	272,614324		-3,141	,0020	Konstant

Tall:

Multiple R	,81900
R Square	,67077
Adjusted R Square	,66789
Standard Error	20,76099

Analysis of Variance			
	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	602401,80964	100400,30161
Residual	686	295678,86569	431,01875

F = 232,93720 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T	Förklaring av variabel
HOH	-,030698	,010068	-,091530	-3,049	,0024	Höjd över havet i m
SI	-3,811264	,514392	-,218826	-7,409	,0000	Ståndortsindex i meter
BREDDGR	1,196164	,218712	,146525	5,469	,0000	Breddgrad i tiondels grader
DIAM	,137334	,017534	,312645	7,832	,0000	Diameter i mm
MEDDIAM	,235461	,025051	,325674	9,399	,0000	Grundytav medeldiam i mm
HOJD	,215574	,037911	,243903	5,686	,0000	Höjd i dm
(Constant)	-727,457753	142,891308		-5,091	,0000	Konstant

Gran:

Multiple R	,67062
R Square	,44973
Adjusted R Square	,44645
Standard Error	22,27604

Analysis of Variance			
	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	408388,12346	68064,68724
Residual	1007	499695,63690	496,22208

F = 137,16578 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

<i>Variable</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>Beta</i>	<i>T</i>	<i>Sig T</i>	<i>Förklaring av variabel</i>
BREDDGR	2,918703	,256185	,404588	11,393	,0000	Breddgrad i tiondels grader
D2	-3,64836E-04	7,7174E-05	-,520947	-4,727	,0000	Diameter i mm i kvadrat
DIAM	,345045	,040479	,955891	8,524	,0000	Diameter i mm
HOH	-,059064	,009367	-,269986	-6,306	,0000	Höjd över havet i m
MEDDIAM	,092571	,020614	,142582	4,491	,0000	Grundtyev medeldiam i mm
SI	-4,808537	,494475	-,401510	-9,725	,0000	Ståndortsindex i meter
(Constant)	-1758,223626	165,861292		-10,601	,0000	Konstant

Löv:

Multiple R	,80853
R Square	,65373
Adjusted R Square	,63316
Standard Error	14,12242

Analysis of Variance			
	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	38029,27782	6338,21297
Residual	101	20143,71292	199,44270

F = 31,77962 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

<i>Variable</i>	<i>B</i>	<i>SE B</i>	<i>Beta</i>	<i>T</i>	<i>Sig T</i>	<i>Förklaring av variabel</i>
DIAM	,222985	,030595	,678865	7,288	,0000	Diameter i mm
HOH	-,125873	,055576	-,717322	-2,265	,0257	Höjd över havet i m
KVOT	22,914683	9,444350	,213667	2,426	,0170	Höjd i m/diameter
HOH2	2,48924E-04	8,1307E-05	,942055	3,062	,0028	Höjd över havet i kvadrat
MEDHOJD	,168424	,056521	,268095	2,980	,0036	Grundtyevägd medelhöjd i dm
SI	-2,419946	,893892	-,275321	-2,707	,0080	Ståndortsindex i meter
(Constant)	30,094882	25,225386		1,193	,2356	Konstant

Bilaga 2

Resultat av korsvalidering

Framtagning av funktioner för trädslaget gran ur 2/3 av materialet (676 träd):

Dependent variable: FACIT

Multiple R	,65685
R Square	,43145
Adjusted R Square	,42635
Standard Error	22,40519

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	254847,53857	42474,58976
Residual	669	335832,90522	501,99238

F = 84,61202 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T	Förklaring av variabel
BREDDGR	2,875872	,318852	,399401	9,019	,0000	Breddgrad i tiondels grader
D2	-3,42338E-04	9,5796E-05	-,492036	-3,574	,0004	Diameter i mm i kvadrat
DIAM	,326051	,050322	,910892	6,479	,0000	Diameter i mm
HOH	-,062765	,011360	-,293003	-5,525	,0000	Höjd över havet i m
MEDDIAM	,074424	,024908	,117185	2,988	,0029	Grundytav medeldiam i mm
SI	-5,110308	,597384	-,431700	-8,554	,0000	Ståndortsindex i meter
(Constant)	-1716,903382	206,304855		-8,322	,0000	Konstant

Residuals Statistics:

	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	N
RESIDUALER	-65,0943	76,6058	,0000	22,3054	676

Prediktion med funktionen för trädslaget gran på 1/3 av materialet (338 träd):

Number of valid observations (listwise) = 338,00

	Minimum	Maximum	Mean	S.E. Mean	Std Dev	N
DIFF FUNKTION - FACIT	-73	66	-,39	1,21	22,18	338

Framtagning av funktioner för trädslaget tall ur 2/3 av materialet (462 träd):

Dependent variable: FACIT

Multiple R ,83479
R Square ,69687
Adjusted R Square ,69287
Standard Error 20,09649

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	6	422452,39229	70408,73205
Residual	455	183760,36095	403,86893

F = 174,33560 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T	Förklaring av variabel
HOH	-,027727	,012087	-,082586	-2,294	,0223	Höjd över havet i m
SI	-3,937168	,620497	-,225312	-6,345	,0000	Ståndortsindex i meter
BREDDGR	1,234414	,269908	,147113	4,573	,0000	Breddgrad i tiondels grader
DIAM	,150619	,021116	,330923	7,133	,0000	Diameter i mm
MEDDIAM	,253292	,029577	,350263	8,564	,0000	Grundytev medeldiam i mm
HOJD	,176838	,044443	,198857	3,979	,0001	Höjd i dm
(Constant)	-750,510811	176,249714		-4,258	,0000	Konstant

Residuals Statistics:

	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	N
RESIDUALER	-52,9753	98,8307	,0000	19,9653	462

Prediktion med funktionen för trädslaget tall på 1/3 av materialet (231 träd):

Number of valid observations (listwise) = 231,00

	Minimum	Maximum	Mean	S.E. Mean	Std Dev	N
DIFF FUNKTION - FACIT	-99	50	1,41	1,46	22,13	231

Bilaga 3.

Resultat av t-test för ålder enligt funktioner, Hägglund och fältkontroll

Vid t-testen har jämförelsen gjorts med åldrar enligt kontrolltaxeringen. För samtliga funktioner har åldern skattats med hjälp av kontrolltaxeringsdata medan funktionerna för bestånd även testats på data från fältkontrollen.

Funktioner framtagna av SLU

Funktioner för bestånd:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,674	,000	95,9701	21,288	1,647
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences:					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
4,7485	20,933	1,620	2,93	166	,004
95% CI (1,550; 7,947)					

Funktioner för enskilda träd, samtliga provträd sammanslagna:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	1815	,664	,000	81,3956	17,777	,417
FACIT				76,5163	32,662	,767

Paired Differences:					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
4,8793	24,737	,581	8,40	1814	,000
95% CI (3,741; 6,018)					

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean		
TALL	693	7,5411	24,4209	,9277	5,7197	TO	9,3625
GRAN	1014	2,9714	25,5346	,8019	1,3979	TO	4,5449
LÖV	108	5,7130	16,2245	1,5612	2,6181	TO	8,8079
Total	1815	4,8793	24,7371	,5806	3,7405	TO	6,0181

Funktioner för enskilda träd, efter beräkning av beståndsmedelvärde:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,768	,000	95,7784	13,449	1,041
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences:					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
4,5569	19,789	1,531	2,98	166	,003
95% CI (1,533; 7,580)					

Nya funktioner framtagna ur kontrolltaxeringsdata**Funktioner för bestånd:**

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,770	,000	91,2216	21,665	1,676
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences:					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
,0000	17,966	1,390	,00	166	1,000
95% CI (-2,745; 2,745)					

Funktioner för enskilda träd, samtliga provträd sammanslagna:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	1815	,761	,000	76,5135	24,832	,583
FACIT				76,5163	32,662	,767

Paired Differences:					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
-,0028	21,197	,498	-,01	1814	,996
95% CI (-,979; ,973)					

Group	Count	Mean	Standard Deviation	Standard Error	95 Pct Conf Int for Mean	
TALL	693	,0043	20,6781	,7855	-1,5379 TO	1,5466
GRAN	1014	,0000	22,1913	,6969	-1,3675 TO	1,3675
LÖV	98	,0918	13,8795	1,4020	-2,6908 TO	2,8745
Total	1805	,0066	21,2345	,4998	-,9736 TO	,9869

Funktioner för enskilda träd, efter beräkning av beståndsmedelvärde:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,840	,000	91,0060	22,100	1,710
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
-,2156	15,350	1,188	-,18	166	,856
95% CI (-2,561; 2,130)					

Funktioner för åldersbestämning av bestånd utvärderade på data från fältkontrollen**SLUs funktion för bestånd:**

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,756	,000	98,8263	21,435	1,659
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
7,6048	18,425	1,426	5,33	166	,000
95% CI (4,790; 10,420)					

Ny funktion för bestånd:

Variable	Number of pairs	Corr	2-tail Sig	Mean	SD	SE of Mean
FUNKTION	167	,730	,000	89,0120	22,535	1,744
FACIT				91,2216	28,145	2,178

Paired Differences					
Mean	SD	SE of Mean	t-value	df	2-tail Sig
-2,2096	19,339	1,496	-1,48	166	,142
95% CI (-5,164; ,745)					

Bilaga 4

Facitvärden, funktionsvärden och differenser för samtliga bestånd

Nedan redovisas totalåldrar enligt kontrolltaxering (facitvärden) och enligt funktioner för samtliga bestånd. Dessutom anges differenserna mellan facitåldrar och funktionsåldrar samt differensernas standardavvikelse, medelfel och 95%-iga konfidensintervall. För funktionerna för enskilda träd anges differensernas medelvärde och spridning dels för samtliga provträd sammanslagna, dels efter beräkning av beståndsmedelvärden

1. SLUs funktioner för skattning av beståndsålder

Karta	Bestånd	Totalålder enl kontroll- taxering	Totalålder enl funktioner	Differens	Standard- avvikelse	Medelfel	95 % konfidens- intervall
706169	27	64	83	19			
705165	284	55	78	23			
711146	292	103	92	-11			
705165	301	104	115	11			
705165	352	81	111	29			
705165	380	76	108	31			
711146	388	118	111	-7			
711146	391	121	98	-23			
705165	418	77	116	39			
719157	435	116	119	2			
705165	501	107	96	-11			
711147	522	135	123	-12			
717163	531	63	65	2			
705165	584	82	91	9			
719157	738	120	125	5			
705165	752	70	104	34			
706164	792	72	107	34			
705165	819	79	112	32			
705165	880	83	105	22			
707169	975	61	66	6			
711169	978	116	113	-3			
719157	1139	117	120	4			
711156	1158	112	105	-7			
707169	1275	48	62	14			
711169	1277	119	104	-14			
717159	1309	156	102	-55			
707165	1336	58	98	41			
711156	1353	100	109	9			
717159	1414	139	107	-32			
706165	1443	66	107	41			
705165	1473	39	49	10			
707165	1530	74	118	45			
712147	1747	147	83	-64			
711147	1809	133	111	-22			
707169	1863	107	105	-2			
707164	1867	98	112	15			
705165	1879	60	100	40			
705165	1893	91	84	-7			
705165	1980	101	95	-6			
705165	1992	78	119	41			
711147	2013	116	111	-4			
717163	2031	118	89	-29			
712147	2048	150	97	-53			
707164	2170	90	116	26			
711147	2211	117	107	-10			
705165	2262	39	57	18			
719158	2271	138	128	-10			
719158	2273	129	121	-8			
705165	2282	96	113	17			

706165	2293	89	80	-9		
717159	2342	93	130	37		
711147	2431	39	42	3		
711147	2435	35	37	2		
717159	2445	95	115	20		
705165	2460	43	62	19		
706165	2668	85	106	20		
719158	2685	124	114	-11		
705165	2757	86	113	28		
706165	2790	89	89	0		
705165	2852	38	55	17		
719158	2878	141	110	-30		
712169	2886	124	99	-25		
706165	2965	82	109	27		
712169	3076	132	110	-22		
719158	3082	106	87	-19		
706165	3087	80	92	12		
711169	3201	96	100	4		
719159	3220	99	118	19		
705165	3256	71	112	41		
711169	3305	43	46	4		
712169	3377	134	108	-26		
707165	3437	88	93	6		
705165	3454	84	111	27		
712169	3536	102	80	-22		
717159	3544	99	105	5		
719159	3606	98	94	-3		
712169	3624	109	107	-3		
707165	3632	93	100	7		
712169	3642	62	72	11		
705165	3664	70	93	24		
707164	3682	66	109	43		
705165	3766	73	99	26		
707169	3891	106	94	-12		
706164	3997	80	108	27		
712169	4071	132	120	-11		
712169	4158	120	106	-14		
717163	4165	58	63	5		
706164	4278	62	112	51		
719159	4404	118	126	8		
711147	4409	123	100	-23		
707169	4485	85	81	-4		
705165	4511	104	103	-1		
711147	4634	92	97	5		
717163	4671	94	105	11		
719158	4679	97	112	15		
706164	4679	76	106	30		
707164	4680	96	120	24		
719158	4686	119	101	-19		
719158	4689	129	109	-20		
717163	4773	85	84	-1		
711147	4808	98	110	12		
717163	4864	104	79	-25		
711147	4930	42	53	11		
705165	5275	81	99	18		
705165	5377	43	60	17		
710169	5470	114	100	-13		
710169	5477	134	109	-24		
705165	5541	80	103	23		
709165	5655	105	98	-7		
707165	5742	76	71	-6		
718157	5773	115	111	-4		
705165	5805	104	102	-3		
709165	5875	94	92	-2		
719156	5897	45	42	-2		
705165	5910	99	93	-6		
705165	6032	42	48	5		
705165	6040	78	116	37		
707169	6062	101	114	13		
707169	6094	84	118	34		

706169	6281	112	97	-15			
719156	6296	105	95	-10			
705165	6303	106	126	20			
720159	6318	129	122	-7			
705165	6341	88	117	29			
719156	6493	82	110	27			
707165	6519	47	75	28			
705165	6645	81	105	24			
710169	6670	122	91	-30			
720159	6718	44	73	28			
705169	6733	119	118	-1			
705165	6743	89	121	32			
719156	6890	81	69	-11			
706169	6966	124	117	-7			
719156	6995	94	121	27			
705169	7031	91	96	6			
707169	7055	117	103	-13			
719156	7055	108	107	-1			
710164	7067	125	113	-12			
719156	7093	71	81	10			
719156	7160	107	89	-18			
717159	7247	92	100	8			
710169	7267	135	131	-5			
705169	7327	101	97	-4			
709165	7357	99	83	-16			
706164	7364	85	114	29			
706169	7467	113	116	3			
705169	7533	43	54	11			
717159	7548	48	59	12			
717159	7645	44	74	30			
717159	7844	46	54	9			
705169	7927	110	105	-4			
719156	7950	124	80	-44			
706169	7971	87	87	0			
710169	8161	37	36	-1			
718164	8229	67	67	-1			
717163	8231	99	97	-2			
718164	8231	83	68	-15			
706165	8369	45	64	19			
717163	8428	60	66	6			
706169	8474	102	96	-6			
718164	8734	83	82	-2			
719156	8761	73	74	0			
718164	9025	123	97	-26			
706165	9064	57	87	30			
707169	9090	43	56	12			
718164	9125	115	112	-4			
706165	9373	56	96	40			
Medelvärde:		91	96	5	20,93	1,62	1,55; 7,95

2. SLUs funktioner för skattning av enskilda träd åldrar

Karta	Bestånd	Totalålder enl kontroll- taxering	Totalålder enl funktioner	Differens	Standard- avvikelse	Medelfel	95 % konfidens- intervall
706169	27	64	79	15	6.41	2.03	10 ; 20
705165	284	55	86	31	7.34	2.12	27 ; 36
711146	292	103	99	-4	15.69	4.53	-14 ; 6
705165	301	104	105	1	24.80	6.63	-14 ; 15
705165	352	81	96	14	11.66	3.37	7 ; 22
705165	380	76	101	24	11.53	3.65	16 ; 33
711146	388	118	111	-7	26.05	9.85	-31 ; 17
711146	391	121	106	-15	17.76	6.28	-30 ; 0
705165	418	77	101	24	15.41	4.12	15 ; 33
719157	435	116	113	-3	10.56	3.73	-12 ; 5
705165	501	107	103	-4	11.94	2.98	-10 ; 3
711147	522	135	112	-22	29.53	8.53	-41 ; -4
717163	531	63	76	13	12.27	3.70	4 ; 21
705165	584	82	90	8	12.51	3.61	0 ; 16
719157	738	120	121	1	8.21	2.90	-6 ; 8
705165	752	70	100	30	10.62	2.74	25 ; 36
706164	792	72	100	28	11.59	3.35	21 ; 35
705165	819	79	98	19	19.73	5.69	6 ; 31
705165	880	83	91	7	16.23	5.13	-4 ; 19
707169	975	61	81	20	6.42	2.14	15 ; 25
711169	978	116	100	-16	16.03	4.28	-26 ; -7
719157	1139	117	116	-1	8.57	3.24	-9 ; 7
711156	1158	112	102	-10	15.93	5.31	-22 ; 2
707169	1275	48	76	28	12.46	3.94	19 ; 37
711169	1277	119	91	-27	18.32	5.08	-38 ; -16
717159	1309	156	106	-51	24.21	7.66	-68 ; -33
707165	1336	58	87	30	11.03	3.06	23 ; 36
711156	1353	100	109	9	17.67	4.56	-1 ; 19
717159	1414	139	113	-26	24.45	7.73	-44 ; -9
706165	1443	66	98	32	11.94	3.19	25 ; 39
705165	1473	39	65	26	7.46	2.07	22 ; 31
707165	1530	74	96	23	8.86	2.37	17 ; 28
712147	1747	147	91	-56	22.32	5.96	-69 ; -43
711147	1809	133	108	-24	22.14	6.67	-39 ; -9
707169	1863	107	93	-13	19.82	5.72	-26 ; -1
707164	1867	98	96	-1	24.19	6.71	-16 ; 13
705165	1879	60	81	21	8.65	2.50	16 ; 27
705165	1893	91	86	-5	9.59	3.39	-13 ; 3
705165	1980	101	112	11	8.14	2.35	6 ; 16
705165	1992	78	98	19	10.10	2.92	13 ; 26
711147	2013	116	106	-10	24.36	7.70	-27 ; 8
717163	2031	118	96	-23	18.14	6.86	-39 ; -6
712147	2048	150	100	-50	27.32	7.30	-66 ; -34
707164	2170	90	93	3	17.88	4.96	-8 ; 14
711147	2211	117	108	-9	22.13	7.38	-26 ; 8
705165	2262	39	71	32	8.00	2.31	27 ; 37
719158	2271	138	127	-12	22.25	7.42	-29 ; 6
719158	2273	129	119	-10	18.80	5.43	-22 ; 2
705165	2282	96	104	8	10.86	2.90	2 ; 14
706165	2293	89	100	11	10.27	2.85	5 ; 17
717159	2342	93	117	24	6.25	1.98	19 ; 28
711147	2431	39	78	39	8.80	2.93	32 ; 46
711147	2435	35	71	36	10.05	4.10	26 ; 47

717159	2445	95	108	12	7.12	2.37	7	18
705165	2460	43	79	36	6.96	1.93	32	41
706165	2668	85	97	11	8.00	2.31	6	16
719158	2685	124	124	-1	11.88	3.43	-8	7
705165	2757	86	95	10	12.64	3.51	2	17
706165	2790	89	103	14	10.26	2.85	7	20
705165	2852	38	69	30	9.48	2.86	24	37
719158	2878	141	119	-21	16.73	5.58	-34	-9
712169	2886	124	109	-15	11.52	3.84	-24	-6
706165	2965	82	94	12	11.67	3.12	5	19
712169	3076	132	105	-26	10.25	3.62	-35	-18
719158	3082	106	103	-3	20.05	8.18	-24	19
706165	3087	80	107	28	9.15	2.64	22	33
711169	3201	96	97	1	14.12	4.08	-8	10
719159	3220	99	110	11	25.19	9.52	-12	35
705165	3256	71	100	29	9.31	2.81	23	35
711169	3305	43	59	17	8.61	3.05	10	24
712169	3377	134	111	-23	6.21	2.07	-28	-19
707165	3437	88	94	7	12.76	4.03	-3	16
705165	3454	84	99	14	20.41	6.45	0	29
712169	3536	102	88	-14	18.73	5.19	-25	-2
717159	3544	99	99	0	15.37	5.12	-12	12
719159	3606	98	103	6	19.43	6.14	-8	20
712169	3624	109	98	-11	20.80	6.27	-25	3
707165	3632	93	100	7	11.74	3.39	-1	14
712169	3642	62	66	4	13.76	4.15	-5	13
705165	3664	70	87	17	10.01	3.17	10	25
707164	3682	66	100	34	11.45	3.18	27	41
705165	3766	73	90	17	11.38	3.79	8	26
707169	3891	106	104	-2	15.26	4.83	-13	9
706164	3997	80	96	16	7.73	2.00	11	20
712169	4071	132	118	-14	10.07	3.18	-21	-7
712169	4158	120	98	-22	24.37	7.03	-37	-6
717163	4165	58	72	14	7.62	2.54	8	20
706164	4278	62	97	35	9.53	2.46	30	40
719159	4404	118	118	0	15.81	4.56	-10	10
711147	4409	123	105	-18	28.77	8.68	-37	2
707169	4485	85	86	2	17.47	5.04	-10	13
705165	4511	104	88	-16	17.16	4.95	-27	-5
711147	4634	92	92	0	10.35	2.67	-6	6
717163	4671	94	107	13	17.66	5.58	1	26
719158	4679	97	104	7	18.71	4.68	-3	17
706164	4679	76	109	33	8.50	3.47	24	42
707164	4680	96	100	3	13.77	3.97	-5	12
719158	4686	119	99	-20	13.13	4.38	-30	-10
719158	4689	129	120	-9	11.25	4.25	-19	2
717163	4773	85	92	8	10.85	4.10	-2	18
711147	4808	98	106	8	19.79	7.00	-9	24
717163	4864	104	87	-17	16.67	5.89	-31	-3
711147	4930	42	72	30	5.65	1.70	26	34
705165	5275	81	97	16	13.45	3.60	8	24
705165	5377	43	74	31	5.90	1.97	27	36
710169	5470	114	96	-18	13.76	3.68	-26	-10
710169	5477	134	107	-27	6.33	1.91	-31	-23
705165	5541	80	96	16	14.21	4.29	6	25
709165	5655	105	91	-14	12.30	5.02	-27	-1
707165	5742	76	88	12	11.78	3.15	5	19
718157	5773	115	116	1	21.50	6.80	-14	17
705165	5805	104	103	-1	13.49	3.74	-9	7
709165	5875	94	95	0	14.31	4.77	-11	11
719156	5897	45	80	35	11.45	4.33	25	46
705165	5910	99	99	0	10.23	2.95	-6	7
705165	6032	42	69	27	8.26	2.29	22	32
705165	6040	78	99	20	13.58	3.92	12	29
707169	6062	101	93	-8	15.31	4.84	-19	3
707169	6094	84	92	8	11.72	3.71	0	17
706169	6281	112	91	-21	13.44	3.88	-29	-12
719156	6296	105	99	-6	12.53	3.96	-15	3
705165	6303	106	98	-8	22.79	6.58	-22	7
720159	6318	129	118	-11	16.60	5.00	-23	0

705165	6341	88	102	14	16,98	5,12	3 ; 26
719156	6493	82	109	26	22,10	7,37	9 ; 43
707165	6519	47	82	35	10,86	3,27	28 ; 43
705165	6645	81	96	14	12,63	3,26	7 ; 21
710169	6670	122	96	-26	29,38	11,99	-57 ; 5
720159	6718	44	82	37	5,80	1,68	34 ; 41
705169	6733	119	93	-26	21,10	5,85	-38 ; -13
705165	6743	89	101	12	10,62	2,95	5 ; 18
719156	6890	81	90	9	15,55	5,50	-4 ; 22
706169	6966	124	100	-24	30,40	8,78	-43 ; -4
719156	6995	94	109	16	8,77	2,77	9 ; 22
705169	7031	91	87	-4	13,60	3,77	-12 ; 5
707169	7055	117	98	-19	11,72	3,38	-26 ; -11
719156	7055	108	105	-3	11,59	4,73	-15 ; 9
710164	7067	125	121	-5	13,34	4,02	-14 ; 4
719156	7093	71	97	26	16,19	5,40	14 ; 39
719156	7160	107	109	2	22,11	6,99	-14 ; 18
717159	7247	92	100	8	7,94	2,39	3 ; 14
710169	7267	135	108	-27	11,63	2,91	-33 ; -21
705169	7327	101	88	-14	14,58	4,21	-23 ; -5
709165	7357	99	83	-15	7,42	2,24	-20 ; -10
706164	7364	85	94	10	22,31	6,44	-4 ; 24
706169	7467	113	101	-12	21,29	5,69	-25 ; 0
705169	7533	43	75	32	12,09	3,35	24 ; 39
717159	7548	48	78	31	7,27	2,19	26 ; 36
717159	7645	44	87	43	9,74	2,81	37 ; 49
717159	7844	46	71	26	7,82	2,61	20 ; 32
705169	7927	110	92	-17	20,37	5,65	-30 ; -5
719156	7950	124	98	-26	35,67	12,61	-56 ; 4
706169	7971	87	79	-8	6,63	2,50	-14 ; -2
710169	8161	37	62	25	11,31	3,14	18 ; 32
718164	8229	67	77	10	9,35	3,12	3 ; 17
717163	8231	99	92	-7	23,36	6,74	-22 ; 8
718164	8231	83	85	2	22,53	10,07	-26 ; 30
706165	8369	45	72	27	5,33	1,61	24 ; 31
717163	8428	60	83	23	9,95	3,32	15 ; 31
706169	8474	102	90	-12	20,58	6,51	-27 ; 3
718164	8734	83	83	0	15,31	5,10	-12 ; 12
719156	8761	73	94	20	18,71	6,61	5 ; 36
718164	9025	123	105	-17	7,61	2,88	-24 ; -10
706165	9064	57	88	31	8,74	2,52	26 ; 37
707169	9090	43	67	23	11,69	3,90	14 ; 32
718164	9125	115	111	-4	12,23	4,33	-14 ; 6
706165	9373	56	88	32	9,73	2,81	25 ; 38
Medelvärde:							
- Samtliga provträd sammanslagna		91	96	5	24,74	0,58	3,74 ; 6,02
-Efter beräkning av Beståndsmedelvärden		91	96	5	19,75	1,53	1,56 ; 7,59

3. Nya funktioner för skattning av beståndsålder

Karta	Bestånd	Totalålder enl kontroll- taxering	Totalålder enl funktioner	Differens	Standard- avvikelse	Medelfel	95 % konfidens- intervall
706169	27	64	67	2			
705165	284	55	63	8			
711146	292	103	91	-12			
705165	301	104	87	-17			
705165	352	81	87	6			
705165	380	76	90	14			
711146	388	118	107	-11			
711146	391	121	97	-24			
705165	418	77	104	27			
719157	435	116	128	11			
705165	501	107	89	-18			
711147	522	135	115	-20			
717163	531	63	65	2			
705165	584	82	79	-2			
719157	738	120	121	2			
705165	752	70	76	7			
706164	792	72	82	10			
705165	819	79	91	12			
705165	880	83	94	11			
707169	975	61	59	-2			
711169	978	116	97	-19			
719157	1139	117	124	8			
711156	1158	112	92	-20			
707169	1275	48	56	9			
711169	1277	119	93	-26			
717159	1309	156	104	-52			
707165	1336	58	94	36			
711156	1353	100	102	2			
717159	1414	139	113	-26			
706165	1443	66	84	18			
705165	1473	39	43	4			
707165	1530	74	105	32			
712147	1747	147	83	-64			
711147	1809	133	107	-26			
707169	1863	107	92	-14			
707164	1867	98	100	3			
705165	1879	60	80	19			
705165	1893	91	79	-12			
705165	1980	101	92	-9			
705165	1992	78	98	20			
711147	2013	116	108	-7			
717163	2031	118	87	-32			
712147	2048	150	96	-54			
707164	2170	90	102	12			
711147	2211	117	103	-14			
705165	2262	39	49	10			
719158	2271	138	136	-2			
719158	2273	129	129	0			
705165	2282	96	111	15			
706165	2293	89	74	-15			
717159	2342	93	132	39			
711147	2431	39	46	7			
711147	2435	35	35	0			
717159	2445	95	109	13			
705165	2460	43	53	11			

706165	2668	85	88	3			
719158	2685	124	144	20			
705165	2757	86	99	13			
706165	2790	89	84	-5			
705165	2852	38	50	11			
719158	2878	141	117	-24			
712169	2886	124	108	-17			
706165	2965	82	89	7			
712169	3076	132	102	-29			
719158	3082	106	92	-14			
706165	3087	80	89	9			
711169	3201	96	88	-8			
719159	3220	99	132	33			
705165	3256	71	90	19			
711169	3305	43	43	0			
712169	3377	134	110	-24			
707165	3437	88	86	-2			
705165	3454	84	97	13			
712169	3536	102	76	-26			
717159	3544	99	114	14			
719159	3606	98	110	12			
712169	3624	109	116	7			
707165	3632	93	83	-10			
712169	3642	62	81	19			
705165	3664	70	83	14			
707164	3682	66	75	9			
705165	3766	73	96	22			
707169	3891	106	91	-15			
706164	3997	80	97	17			
712169	4071	132	111	-21			
712169	4158	120	90	-30			
717163	4165	58	74	16			
706164	4278	62	87	26			
719159	4404	118	139	21			
711147	4409	123	94	-29			
707169	4485	85	80	-5			
705165	4511	104	86	-18			
711147	4634	92	85	-7			
717163	4671	94	109	15			
719158	4679	97	120	23			
706164	4679	76	96	20			
707164	4680	96	100	4			
719158	4686	119	103	-16			
719158	4689	129	115	-14			
717163	4773	85	93	8			
711147	4808	98	107	10			
717163	4864	104	85	-19			
711147	4930	42	55	13			
705165	5275	81	89	8			
705165	5377	43	52	10			
710169	5470	114	99	-14			
710169	5477	134	110	-24			
705165	5541	80	91	10			
709165	5655	105	102	-3			
707165	5742	76	63	-13			
718157	5773	115	120	5			
705165	5805	104	102	-3			
709165	5875	94	85	-10			
719156	5897	45	41	-3			
705165	5910	99	79	-20			
705165	6032	42	39	-3			
705165	6040	78	89	11			
707169	6062	101	105	4			
707169	6094	84	110	26			
706169	6281	112	91	-20			
719156	6296	105	94	-11			
705165	6303	106	108	2			
720159	6318	129	129	0			
705165	6341	88	88	0			
719156	6493	82	110	27			

707165	6519	47	69	22			
705165	6645	81	79	-3			
710169	6670	122	93	-28			
720159	6718	44	86	42			
705169	6733	119	108	-11			
705165	6743	89	95	6			
719156	6890	81	75	-6			
706169	6966	124	111	-13			
719156	6995	94	112	19			
705169	7031	91	89	-1			
707169	7055	117	103	-13			
719156	7055	108	119	11			
710164	7067	125	117	-8			
719156	7093	71	87	16			
719156	7160	107	104	-4			
717159	7247	92	109	17			
710169	7267	135	128	-7			
705169	7327	101	94	-7			
709165	7357	99	81	-18			
706164	7364	85	96	11			
706169	7467	113	115	2			
705169	7533	43	51	8			
717159	7548	48	57	9			
717159	7645	44	85	41			
717159	7844	46	68	22			
705169	7927	110	104	-6			
719156	7950	124	97	-26			
706169	7971	87	74	-14			
710169	8161	37	39	2			
718164	8229	67	62	-6			
717163	8231	99	117	18			
718164	8231	83	67	-16			
706165	8369	45	58	14			
717163	8428	60	71	11			
706169	8474	102	88	-13			
718164	8734	83	78	-6			
719156	8761	73	86	13			
718164	9025	123	98	-25			
706165	9064	57	74	17			
707169	9090	43	54	11			
718164	9125	115	93	-22			
706165	9373	56	82	25			
Medelvärde:		91	91	0	17,97	1,39	-2,74 ; 2,74

4. Nya funktioner för skattning av enskilda träs åldrar

Karta	Bestånd	Totalålder enl kontroll- taxering	Totalålder enl funktioner	Differens	Standard- avvikelse	Medelfel	95 % konfidens- intervall
706169	27	64	73	8	3,74	1,18	6 ; 11
705165	284	55	67	12	6,90	1,99	7 ; 16
711146	292	103	93	-10	13,23	3,82	-18 ; -2
705165	301	104	93	-11	28,09	7,51	-27 ; 5
705165	352	81	82	1	11,24	3,25	-6 ; 8
705165	380	76	92	16	10,59	3,35	8 ; 24
711146	388	118	114	-4	23,43	8,86	-25 ; 18
711146	391	121	106	-16	18,23	6,45	-31 ; -1
705165	418	77	105	29	16,54	4,42	19 ; 38
719157	435	116	117	1	7,95	2,81	-6 ; 7
705165	501	107	98	-9	14,25	3,56	-16 ; -1
711147	522	135	110	-25	28,55	8,24	-43 ; -7
717163	531	63	50	-13	12,96	3,91	-22 ; -4
705165	584	82	77	-4	10,99	3,17	-11 ; 3
719157	738	120	113	-7	6,89	2,43	-12 ; -1
705165	752	70	82	13	12,82	3,31	6 ; 20
706164	792	72	83	11	8,58	2,48	5 ; 16
705165	819	79	90	10	18,73	5,41	-2 ; 22
705165	880	83	88	4	14,36	4,54	-6 ; 14
707169	975	61	64	3	6,10	2,03	-1 ; 8
711169	978	116	103	-13	16,50	4,41	-23 ; -4
719157	1139	117	115	-2	8,14	3,08	-9 ; 6
711156	1158	112	89	-23	13,03	4,34	-33 ; -13
707169	1275	48	56	9	7,99	2,53	3 ; 15
711169	1277	119	91	-28	15,79	4,38	-37 ; -18
717159	1309	156	114	-42	22,97	7,26	-58 ; -26
707165	1336	58	89	32	14,09	3,91	23 ; 40
711156	1353	100	101	1	16,33	4,22	-8 ; 10
717159	1414	139	126	-14	23,17	7,33	-30 ; 3
706165	1443	66	75	9	13,06	3,49	1 ; 16
705165	1473	39	36	-2	6,78	1,88	-6 ; 2
707165	1530	74	98	24	7,79	2,08	20 ; 29
712147	1747	147	96	-51	24,68	6,60	-66 ; -37
711147	1809	133	109	-23	22,51	6,79	-38 ; -8
707169	1863	107	100	-7	21,54	6,22	-21 ; 6
707164	1867	98	95	-3	22,15	6,14	-16 ; 11
705165	1879	60	70	10	6,23	1,80	6 ; 14
705165	1893	91	80	-10	8,84	3,13	-18 ; -3
705165	1980	101	97	-4	8,62	2,49	-9 ; 2
705165	1992	78	102	24	12,95	3,74	16 ; 32
711147	2013	116	106	-10	26,14	8,27	-29 ; 9
717163	2031	118	82	-36	16,18	6,12	-51 ; -21
712147	2048	150	98	-52	31,88	8,52	-71 ; -34
707164	2170	90	91	1	16,33	4,53	-9 ; 11
711147	2211	117	107	-10	19,84	6,61	-25 ; 5
705165	2262	39	42	3	7,48	2,16	-2 ; 8
719158	2271	138	128	-10	20,03	6,68	-26 ; 5
719158	2273	129	124	-5	17,24	4,98	-16 ; 6
705165	2282	96	100	4	10,67	2,85	-2 ; 10
706165	2293	89	80	-9	8,59	2,38	-14 ; -4
717159	2342	93	121	28	7,90	2,50	23 ; 34
711147	2431	39	51	12	6,06	2,02	8 ; 17
711147	2435	35	45	10	11,01	4,49	-2 ; 22
717159	2445	95	98	3	6,36	2,12	-2 ; 8
705165	2460	43	55	12	7,73	2,14	7 ; 17
706165	2668	85	84	-2	8,42	2,43	-7 ; 4
719158	2685	124	138	13	13,70	3,96	5 ; 22
705165	2757	86	97	11	9,38	2,60	5 ; 17
706165	2790	89	86	-3	9,74	2,70	-9 ; 3
705165	2852	38	47	8	6,62	2,00	4 ; 13
719158	2878	141	116	-25	18,04	6,01	-39 ; -11
712169	2886	124	121	-3	11,24	3,75	-12 ; 6

706165	2965	82	78	-3	11.18	2.99	-10	;	3
712169	3076	132	116	-16	9.64	3.41	-24	;	-8
719158	3082	106	94	-12	23.48	9.59	-36	;	13
706165	3087	80	92	12	10.66	3.08	5	;	19
711169	3201	96	88	-9	12.36	3.57	-16	;	-1
719159	3220	99	112	13	27.13	10.25	-12	;	38
705165	3256	71	82	11	9.51	2.87	5	;	17
711169	3305	43	46	3	5.28	1.87	-1	;	8
712169	3377	134	123	-11	7.05	2.35	-17	;	-6
707165	3437	88	84	-4	12.43	3.93	-13	;	5
705165	3454	84	83	-2	19.92	6.30	-16	;	13
712169	3536	102	85	-17	17.01	4.72	-28	;	-7
717159	3544	99	103	4	14.51	4.84	-7	;	15
719159	3606	98	113	15	21.97	6.95	-1	;	31
712169	3624	109	114	5	21.63	6.52	-10	;	19
707165	3632	93	86	-7	11.46	3.31	-15	;	0
712169	3642	62	63	1	10.63	3.21	-6	;	9
705165	3664	70	73	3	9.91	3.13	-4	;	10
707164	3682	66	81	15	9.58	2.66	9	;	20
705165	3766	73	88	15	11.10	3.70	6	;	24
707169	3891	106	110	4	16.92	5.35	-8	;	16
706164	3997	80	87	7	8.34	2.15	2	;	12
712169	4071	132	137	5	11.66	3.69	-3	;	13
712169	4158	120	97	-23	22.70	6.55	-37	;	-8
717163	4165	58	67	10	11.53	3.84	1	;	18
706164	4278	62	85	23	10.76	2.78	18	;	29
719159	4404	118	130	12	17.14	4.95	1	;	23
711147	4409	123	100	-23	29.05	8.76	-42	;	-3
707169	4485	85	86	1	17.58	5.08	-10	;	13
705165	4511	104	81	-23	16.16	4.67	-33	;	-12
711147	4634	92	83	-9	10.90	2.82	-15	;	-3
717163	4671	94	105	12	17.82	5.64	-1	;	24
719158	4679	97	105	8	20.94	5.23	-3	;	19
706164	4679	76	100	24	9.75	3.98	14	;	34
707164	4680	96	101	5	12.67	3.66	-3	;	13
719158	4686	119	101	-18	10.20	3.40	-26	;	-10
719158	4689	129	116	-13	13.88	5.25	-26	;	0
717163	4773	85	84	-1	11.25	4.25	-11	;	9
711147	4808	98	101	3	18.85	6.67	-12	;	19
717163	4864	104	84	-20	20.42	7.22	-37	;	-3
711147	4930	42	46	4	8.64	2.60	-2	;	10
705165	5275	81	90	9	14.67	3.92	0	;	17
705165	5377	43	47	4	6.95	2.32	-1	;	10
710169	5470	114	101	-12	13.80	3.69	-20	;	-4
710169	5477	134	113	-20	7.14	2.15	-25	;	-15
705165	5541	80	90	10	14.88	4.49	0	;	20
709165	5655	105	97	-9	14.40	5.88	-24	;	7
707165	5742	76	67	-10	10.39	2.78	-16	;	-4
718157	5773	115	124	9	22.18	7.01	-7	;	25
705165	5805	104	102	-2	12.78	3.54	-10	;	6
709165	5875	94	83	-11	14.76	4.92	-23	;	0
719156	5897	45	68	23	16.11	6.09	9	;	38
705165	5910	99	85	-14	10.51	3.03	-20	;	-7
705165	6032	42	39	-3	5.65	1.57	-6	;	1
705165	6040	78	79	0	13.09	3.78	-8	;	8
707169	6062	101	104	3	17.09	5.40	-9	;	15
707169	6094	84	102	18	12.76	4.03	9	;	27
706169	6281	112	105	-7	14.59	4.21	-16	;	2
719156	6296	105	97	-8	12.70	4.02	-17	;	1
705165	6303	106	98	-8	23.09	6.67	-23	;	7
720159	6318	129	136	7	17.23	5.20	-5	;	18
705165	6341	88	85	-3	15.49	4.67	-14	;	7
719156	6493	82	103	21	21.04	7.01	5	;	37
707165	6519	47	63	16	7.37	2.22	11	;	21
705165	6645	81	81	0	11.84	3.06	-7	;	7
710169	6670	122	95	-26	28.18	11.50	-56	;	3
720159	6718	44	72	27	5.43	1.57	24	;	31
705169	6733	119	117	-2	22.22	6.16	-15	;	12
705165	6743	89	90	1	10.32	2.86	-5	;	7
719156	6890	81	83	2	20.81	7.36	-15	;	19

706169	6966	124	114	-10	29,93	8,64	-29	;	9
719156	6995	94	105	12	8,67	2,74	5	;	18
705169	7031	91	95	4	12,60	3,49	-4	;	12
707169	7055	117	109	-7	10,05	2,90	-13	;	-1
719156	7055	108	122	14	15,49	6,32	-3	;	30
710164	7067	125	122	-4	15,31	4,61	-14	;	7
719156	7093	71	95	25	21,89	7,30	8	;	41
719156	7160	107	130	23	23,40	7,40	6	;	40
717159	7247	92	116	25	11,09	3,34	17	;	32
710169	7267	135	120	-15	12,99	3,25	-22	;	-8
705169	7327	101	100	-1	14,48	4,18	-10	;	8
709165	7357	99	72	-27	5,85	1,76	-31	;	-23
706164	7364	85	89	4	21,42	6,18	-10	;	18
706169	7467	113	118	5	21,67	5,79	-8	;	18
705169	7533	43	63	19	7,73	2,14	15	;	24
717159	7548	48	79	31	14,56	4,39	21	;	41
717159	7645	44	71	26	7,84	2,26	21	;	31
717159	7844	46	68	22	15,02	5,01	11	;	34
705169	7927	110	110	0	19,96	5,54	-12	;	12
719156	7950	124	108	-16	27,90	9,86	-39	;	8
706169	7971	87	84	-3	6,40	2,42	-9	;	3
710169	8161	37	39	2	9,07	2,52	-3	;	8
718164	8229	67	52	-15	8,46	2,82	-22	;	-9
717163	8231	99	93	-6	21,66	6,25	-20	;	8
718164	8231	83	57	-26	21,09	9,43	-52	;	0
706165	8369	45	46	1	5,05	1,52	-2	;	5
717163	8428	60	62	2	8,95	2,98	-5	;	9
706169	8474	102	93	-8	19,22	6,08	-22	;	6
718164	8734	83	70	-14	15,93	5,31	-26	;	-2
719156	8761	73	101	28	24,02	8,49	8	;	48
718164	9025	123	104	-19	7,68	2,90	-26	;	-12
706165	9064	57	72	15	7,63	2,20	10	;	20
707169	9090	43	51	7	8,32	2,77	1	;	14
718164	9125	115	108	-7	9,32	3,29	-15	;	0
706165	9373	56	78	22	9,16	2,64	16	;	27
Medelvärde:									
- Samtliga provträd sammanslagna		91	91	0	21,20	0,50	-0,98 ; 0,97		
-Efter beräkning av Beståndsmedelvärden		91	91	0	15,31	1,19	2,53 ; 2,15		

Bilaga 5

Resultat av bildandet av kombinationsestimat genom regression av subjektiva data på objektiva

Data från förtydning, fältkontroll och kontrolltaxering betecknas nedan som FT, FK respektive KT.

Medelhöjd:

Dependent Variable: HÖJD KT

Multiple R	,91319
R Square	,83392
Adjusted R Square	,83226
Standard Error	1,33808

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	1798,02428	899,01214
Residual	200	358,09395	1,79047

F = 502,10965 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
HÖJD FK	,886973	,055401	,909022	16,010	,0000
HÖJD FT	,004744	,055718	,004834	,085	,9322
(Constant)	1,071455	,487307		2,199	,0290

Medeldiameter:

Dependent Variable: DIAM KT

Multiple R	,88890
R Square	,79015
Adjusted R Square	,78805
Standard Error	2,24908

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	3809,29516	1904,64758
Residual	200	1011,67036	5,05835

F = 376,53522 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
DIAM FK	,932666	,046151	,868346	20,209	,0000
DIAM FT	,031654	,044120	,030827	,717	,4739
(Constant)	1,018122	,806995		1,262	,2086

Grundyta:

Dependent Variable: GYTA KT

Multiple R	,83101
R Square	,69057
Adjusted R Square	,68748
Standard Error	3,40835

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	5185,22647	2592,61324
Residual	200	2323,37451	11,61687

F = 223,17652 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
GYTA FK	,745231	,070477	,653566	10,574	,0000
GYTA FT	,236947	,068026	,215289	3,483	,0006
(Constant)	1,955087	1,071778		1,824	,0696

Volym:

Dependent Variable: VOLYM KT

Multiple R	,88559
R Square	,78426
Adjusted R Square	,78210
Standard Error	32,07467

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	747974,03176	373987,01588
Residual	200	205756,85494	1028,78427

F = 363,52326 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
VOLYM FK	,868245	,065984	,809596	13,158	,0000
VOLYM FT	,100197	,069756	,088376	1,436	,1525
(Constant)	11,244661	6,845343		1,643	,1020

Ståndortsindex:

Dependent Variable: SI KT

Multiple R	,88464
R Square	,78259
Adjusted R Square	,77987
Standard Error	1,19481

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	822,18845	411,09423
Residual	160	228,41278	1,42758

F = 287,96584 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
SI FK	,744735	,050648	,794070	14,704	,0000
SI FT	,106689	,048484	,118834	2,201	,0292
(Constant)	2,564107	,721119		3,556	,0005

Ålder:

Dependent Variable: ÅLDER KT

Multiple R	,88716
R Square	,78705
Adjusted R Square	,78442
Standard Error	13,71678

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	112651,30519	56325,65259
Residual	162	30480,30694	188,15004

F = 299,36561 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
ÅLDER FK	,671223	,040341	,734498	16,639	,0000
ÅLDER FT	,199257	,038001	,231472	5,244	,0000
(Constant)	10,814052	3,616883		2,990	,0032

Tallandel:

Dependent Variable: TALL KT

Multiple R ,96925
 R Square ,93945
 Adjusted R Square ,93885
 Standard Error ,92496

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	2654,98962	1327,49481
Residual	200	171,10890	,85554

F = 1551,63733 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
TALL FK	,903643	,047863	,938830	18,880	,0000
TALL FT	,032528	,049913	,032406	,652	,5153
(Constant)	,190865	,104604		1,825	,0695

Granandel:

Dependent Variable: GRAN KT

Multiple R ,95593
 R Square ,91381
 Adjusted R Square ,91295
 Standard Error 1,01681

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	2192,38191	1096,19095
Residual	200	206,78065	1,03390

F = 1060,24518 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
GRAN FK	,820062	,053608	,868719	15,297	,0000
GRAN FT	,093765	,057225	,093051	1,639	,1029
(Constant)	,498022	,119612		4,164	,0000

Lövandel:

Dependent Variable: LÖV KT

Multiple R	,77712
R Square	,60392
Adjusted R Square	,59996
Standard Error	,63333

Analysis of Variance

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	122,31925	61,15963
Residual	200	80,22262	,40111

F = 152,47477 Signif F = ,0000

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
LÖV FK	,559151	,065202	,531914	8,576	,0000
LÖV FT	,336211	,068053	,306436	4,940	,0000
(Constant)	,047378	,059796		,792	,4291

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation.

Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog.
ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning.
- metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden.
ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck
från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995.
ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse
Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE.
- 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?.
Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning.
ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga
planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning.
ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.
- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning?
Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet
skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE.
- 8 Ranvald, C. Sortimentinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning
och skogsindelning. ISRN SLU-SRG--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB,
Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogs-
indelning. ISRN SLU-SRG--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak
(*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och
skogsindelning. ISRN SLU-SRG--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En
bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i
leveransprognoser till sågverk. ISRN SLU-SRG--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler - en fallstudie baserad på
MoDo:s indelningsrutiner. ISRN SLU-SRG--12--SE.